Duke University Libraries
D02056001E

НАРОДНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДІЯ

DUKE
UNIVERSITY

LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2020 with funding from
Duke University Libraries

https://archive.org/details/narodnaiaentsikl31unse

ХАРЬКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАСПРОСТРАНЕНІЯ ВЪ НАРОДѢ ГРАМОТНОСТИ.

НАРОДНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДІЯ

НАУЧНЫХЪ И ПРИКЛАДНЫХЪ ЗНАНІЙ.

Томъ III.

ТЕХНИЧЕСКІЙ.

Типографія Т-ва И. Д. Сытина, Пятницкая ул., свой домъ.
МОСКВА.—1912.

ЭНЦИКЛОПЕДІЯ
(КРУГЪ ЗНАНІЙ).

Томъ III.
ТЕХНИЧЕСКІЙ.

ПРЕДМЕТЫ:

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА.
СТРОИТЕЛЬНОЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ИСКУССТВО.
МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГІЯ.
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГІЯ.
ГОРНОЕ ДѢЛО.
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.

Въ составленіи статей принимали участіе: проф. Г. Ф. БУРАКОВЪ, проф. В. Ф. ГЕРБУРТЪ-ГЕЙБОВИЧЪ, инж. ГУТОВСКІЙ, проф. В. Н. ДЖОНСЪ, проф. Е. Л. ЗУБАШЕВЪ, А. М. ИЛЬЕВЪ, инж. КАРПЕНКО, проф. В. Л. МАЛѢЕВЪ, А. М. ПОКРОВСКІЙ, проф. Г. Ф. ПРОСКУРА, проф. М. П. РЫБАЛКИНЪ, А. П. Ситниковъ, Д. А. СТРѢЛЬНИКОВЪ, Н. В. ФИЛИППОВЪ, Д. А. ЧЕРНОБАЕВЪ, инж. ЧИЖЕВСКІЙ, В. Ф. ЮФЕРОВЪ.

037
N 232
т.3

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Первобытный человѣкъ для поддержанія своего существованія пользовался тѣми продуктами, какіе давала ему природа, и въ томъ видѣ, въ какомъ они находились. Увеличеніе числа людей, необходимость слиться въ мѣстностяхъ, не обладающихъ условіями рая тропическихъ странъ, заставили человѣка обрабатывать естественные дары, чтобы сдѣлать ихъ годными для удовлетворенія своихъ потребностей. Обработка сырыхъ матеріаловъ въ предметы потребленія постепенно расширялась, и современное человѣчество пользуется ничтожнымъ количествомъ естественныхъ продуктовъ въ ихъ первоначальномъ видѣ. Для этой обработки человѣкъ создалъ рядъ разнообразныхъ машинъ, орудій, аппаратовъ, открылъ сложныя химическія реакціи, велъ и ведетъ борьбу съ силами природы, чтобы заставить ихъ служить себѣ; вмѣстѣ съ тѣмъ человѣкъ заботился объ улучшеніи условій жизни: о созданіи удобныхъ жилищъ, хорошихъ путей и средствъ сообщенія. Все это составляетъ предметъ техники.

Отрасль человѣческой дѣятельности, называемой техникой, очень обширна, и охватить ее одной небольшой книгой невозможно; настоящее изданіе представляетъ попытку сообщить наиболѣе важныя свѣдѣнія изъ этой области.

Этотъ томъ раздѣленъ на 6 предметовъ, изъ которыхъ въ двухъ первыхъ излагаются способы приведенія въ дѣйствіе машинъ, устройство ихъ, способы возведенія различныхъ сооруженій и построекъ. Обработка сырыхъ матеріаловъ и превращеніе ихъ въ предметы, необходимые человѣку, составляютъ отдѣлъ — технологію; при чемъ механическая технологія имѣетъ дѣло съ измѣненіемъ только формы матеріаловъ, составъ же ихъ отъ такой обработки не мѣняется. Химическая технологія охватываетъ производства, въ которыхъ вещества претерпѣваютъ измѣненіе въ составѣ, и часто настолько глубокое, что получаемый продуктъ не имѣетъ ничего общаго съ исходнымъ матеріаломъ; напр., что общаго между искусственными красками, получаемыми изъ ка-

менноугольной смолы, и каменнымъ углемъ, продуктомъ перегонки котораго является смола. Добываніе каменнаго угля, рудъ, нефти и другихъ матеріаловъ изъ нѣдръ земли составляетъ предметъ горнаго дѣла. Электротехника обнимаетъ всевозможные способы примѣненія электричества въ промышленности, общественной и частной жизни людей.

Настоящій томъ выходитъ однимъ изъ послѣднихъ томовъ «Народной Энциклопедіи», потому что, въ силу разныхъ обстоятельствъ, не разъ мѣнялся личный составъ редакціи. Составленіе техническихъ статей требуетъ, по самому существу дѣла, участія многихъ лицъ, спеціально знакомыхъ съ различными отраслями этой обширной дѣятельности человѣческаго генія. Перемѣна лицъ, завѣдывавшихъ собираніемъ, распредѣленіемъ и редактированіемъ матеріала, сильно задержала составленіе этого отдѣла и не могла не отразиться вредно на отдѣльныхъ частяхъ книги, на ихъ равномѣрности, согласованности. Вслѣдствіе этого, а также въ виду спѣшности окончательной редакторской работы и недостатка мѣста, пришлось сократить какъ содержаніе отдѣльныхъ статей, такъ и число ихъ и рисунковъ, необходимыхъ для поясненія текста; статья о водѣ выпущена, такъ какъ о ней имѣются достаточно подробныя свѣдѣнія въ томахъ I и V.

Матеріаломъ для введенія «Историческій очеркъ развитія техники» послужила статья К. Мачосса, изъ издающейся на нѣмецкомъ языкѣ технической энциклопедіи «Die Technik im zwanzigsten Jahrhundert» (*Conrad Matschosz.* Grundriss der technisch-geschichtlichen Entwickelung), съ нѣкоторыми сокращеніями въ однихъ мѣстахъ и добавленіями въ другихъ.

Въ редакціонной работѣ этого тома первоначально принимали участіе: проф. И. А. Красускій, проф. В. Ф. Тимофѣевъ и особенно большое проф. Е. Л. Зубашевъ; окончательная же редакція этого тома принадлежитъ проф. Г. Ф. Проскурѣ и А. П. Ситникову.

Въ составленіи статей принимали участіе слѣдующіе авторы: проф. Г. Ф. Бураковъ, проф. В. Ф. Гербуртъ-Гейбовичъ, инж. Гутовскій, проф. В. Н. Джонсъ, проф. Е. Л. Зубашевъ, А. М. Ильевъ, инж. Карпенко, проф. Малѣевъ, А. М. Покровскій, проф. Г. Ф. Проскура, проф. М. П. Рыбалкинъ, А. П. Ситниковъ, Д. А. Стрѣльниковъ, Н. В. Филипповъ, Д. А. Чернобаевъ, инж. Чижевскій, В. Ф. Юферовъ.

Редакторы { *Проф. Г. Ф. Проскура.*
А. П. Ситниковъ.

ВВЕДЕНІЕ.

Историческій обзоръ развитія техники.

Техника является постоянной спутницей человѣческой культуры, на развитіе которой она оказываетъ руководящее вліяніе; она давала важнѣйшее оружіе въ постоянной борьбѣ человѣка съ природой, гдѣ каждая побѣда обозначала успѣхъ во внѣшнихъ условіяхъ существованія. По поводу техники доисторическихъ народовъ, жившихъ задолго даже до того времени, исторія котораго намъ извѣстна по преданіямъ, удалось установить, что она сводилась къ умѣнію изготовлять инструменты и оружіе изъ камня; этими предметами первобытный человѣкъ облегчалъ свою работу и защищался отъ враговъ. Дѣйствительный успѣхъ культуры былъ достигнутъ, когда человѣкъ сумѣлъ обратить къ своимъ услугамъ и огонь; этотъ моментъ является началомъ важнѣйшихъ отраслей техники.

Попробуемъ набросать крупными штрихами картину хода развитія техники.

Въ XII—XIII столѣтіяхъ примѣненіе водяной силы для приведенія въ дѣйствіе воздуходувныхъ машинъ настолько улучшило оборудованіе желѣзодѣлательныхъ заводовъ, что явилась возможность вырабатывать желѣзо въ бо́льшемъ количествѣ, болѣе однородное и лучшаго качества. XIV столѣтіе приноситъ намъ далѣе способъ пользованія порохомъ и, въ связи съ уже сравнительно широко развившейся металлической и желѣзной техникой, — снаряды. Значеніе этого техническаго событія, особенно въ военной исторіи, является настолько замѣтнымъ, что, начиная съ этого момента, мы, конечно, имѣемъ право считать новый періодъ во всеобщей исторіи народовъ.

Не менѣе значительное вліяніе должно было оказать на общее историко-культурное развитіе и другое техническое со-

бытіе — изобрѣтеніе книгопечатанія; этотъ даръ техники относится къ половинѣ XV столѣтія. Такимъ образомъ, благодаря этимъ техническимъ созданіямъ, дающимъ новое направленіе, XIV и XV вѣка являются глубокою межою между старой и новой техникой.

Новая эпоха начинается со времени использованія въ паровой машинѣ солнечной энергіи, накопленной растеніями милліоны лѣтъ назадъ и скрытой въ нѣдрахъ земли въ видѣ каменнаго угля (см. «Нар. Энц.», т. I и II). Эта эпоха характеризуется усиленнымъ развитіемъ желѣзной промышленности; число людей, занятыхъ полученіемъ этого необходимаго для человѣка металла, растетъ съ каждымъ десятилѣтіемъ, а способы полученія его совершенствуются.

Въ новѣйшее время, начавшееся послѣднимъ десятилѣтіемъ прошлаго столѣтія, способъ передачи электрической энергіи на разстояніе далъ намъ возможность сдѣлать независимымъ другъ отъ друга мѣста полученія силы и ея потребленія. На нашихъ глазахъ происходитъ безпримѣрно быстрое развитіе техники, и мы можемъ только предугадывать, какое огромное значеніе будетъ имѣть широкое использованіе водяной силы, такъ называемаго, бѣлаго угля надвигающихся временъ, когда черный уголь станетъ все болѣе и болѣе рѣдкимъ и принудитъ людей удовлетворять свою потребность въ силѣ какимъ-либо инымъ способомъ.

Мы уже указали на то опредѣляющее вліяніе производства и потребленія силъ на всю технику новаго времени и въ нижеслѣдующемъ еще разъ остановимся на немъ. Въ древности для созданія тѣхъ великихъ сооруженій, которыми мы восхищаемся и теперь, конечно, необходимъ былъ источникъ силы. Двигателями въ древности служили люди и животныя. Люди долгое время довольствовались собственной мускульной силой; поэтому машина, приспособленная къ ихъ мускульной силѣ, предшествовала по времени двигателю, который приводился въ дѣйствіе другими силами. Изъ животныхъ, главнымъ образомъ, доставляла работу лошадь и являлась обыкновеннымъ рабочимъ двигателемъ для разнообразныхъ техническихъ цѣлей. И теперь еще мы измѣряемъ мощность двигателей лошадиными силами. Въ сравненіи съ величиной работы, съ которой мы теперь привыкли считаться, производительность единицы силы была тогда необыкновенно мала. Самое бо́льшее, если единицей работы за 8-часовое производство могла быть достигнута одна механическая лошадиная сила; повышеніе продуктивности достигалось только прибавленіемъ другихъ рабочихъ единицъ. Огромныя полчища рабовъ древности,

увеличившіяся, въ концѣ-концовъ, до того, что господа иногда не могли съ ними справиться, показываютъ, въ какихъ размѣрахъ можно было ими пользоваться.

Въ объединеніи рабочей производительности многихъ для одной и той же цѣли и заключался значительный успѣхъ культуры; и тѣ великія постройки, остатки которыхъ повергаютъ насъ въ изумленіе, были возможны, благодаря этимъ организованнымъ массамъ людей, служившихъ волѣ единственнаго владыки. Инженеръ того времени былъ поэтому, прежде всего, организаторъ и повелитель человѣческихъ массъ. На ряду съ такимъ развитіемъ строительнаго искусства, приведшимъ къ поразительнымъ сооруженіямъ, стали появляться отдѣльныя ремесла; а съ развитіемъ ихъ изобрѣтались новые инструменты и совершенствовались старые.

Вмѣстѣ съ инструментами появились довольно рано и различныя приспособленія, которыя мы можемъ назвать **машинами**; вращаемый руками буравъ можетъ считаться первой машиной. Замѣченное при сверленіи дерева нагрѣваніе повело, какъ предполагаютъ, къ открытію зажиганія. Въ этомъ случаѣ первая машина дала непосредственно толчокъ одному изъ многообъемлющихъ изобрѣтеній всѣхъ временъ. Затѣмъ появились грубые начатки и другихъ машинъ; изъ нихъ гончарный кругъ и веретено имѣли особенно важное значеніе. За этими простыми рабочими машинами слѣдуютъ и механизмы для передвиженія. Колесо образуется изъ простого катка, изъ выдолбленнаго древеснаго стѳола — челнъ; послѣдній, приводимый въ движеніе людьми посредствомъ веселъ, служитъ средствомъ сообщенія по водѣ. Благодаря улучшеннымъ инструментамъ и машинамъ, создаются, опираясь на растущія потребности, различныя отрасли промышленности; горная промышленность должна была поставлять разнообразные сырые матеріалы и приняла большіе размѣры.

Земледѣліе представляло собою средоточіе экономической жизни стараго культурнаго государства. Поэтому мы находимъ здѣсь превосходныя сооруженія для орошенія и осушенія страны.

Въ очень отдаленныя времена въ Вавилоніи, Египтѣ, а также старомъ Китаѣ пользовались для распредѣленія воды машинами въ видѣ элеваторовъ и водочерпательныхъ колесъ.

Стремленіе снабдить населеніе хорошей питьевой водой въ достаточномъ количествѣ побудило инженеровъ того времени создать поразительныя сооруженія; при проведеніи воды изъ отдаленныхъ

мѣстностей приходилось возводить особенно большія постройки. Для этихъ водопроводовъ пользовались исключительно естественнымъ стокомъ воды; машинами для этихъ цѣлей не пользовались, хотя искусственный способъ подъема воды былъ извѣстенъ еще и въ древности. Необходимыя приспособленія для доставленія воды устраивались или въ видѣ открытыхъ желобовъ, или закрытыхъ каналовъ и трубопроводовъ; прокладывались длинные туннели, заслуживающіе особеннаго удивленія, если мы примемъ во вниманіе тѣ простыя средства, которыми пользовалась прежняя техника. Вода текла или непосредственно черезъ туннель, или по проложеннымъ въ подземныхъ ходахъ трубамъ; трубы изготовлялись изъ камня, глины или свинца. Въ области сооруженій для цѣлей водоснабженія самыми извѣстными являются грандіозные римскіе акведуки, внушительная внѣшность которыхъ не всегда соотвѣтствуетъ ихъ технической разработкѣ. Греки, прокладывавшіе въ большихъ размѣрахъ водопроводы, стоятъ въ этой области выше римлянъ; многіе греческіе трубопроводы выдерживали давленіе до 16 атмосферъ (6 пудовъ на 1 квадратный дюймъ).

Одна изъ важныхъ областей, на которую обращалось вниманіе инженеровъ всѣхъ временъ, были **пути сообщенія,** развитіе которыхъ можно считать тѣсно связаннымъ съ успѣхами культуры. Водные и сухопутные пути сообщенія имѣютъ большое значеніе для обмѣна товаровъ, міровой торговли, военныхъ цѣлей и вообще для благосостоянія государства. Судостроеніе потребовало отъ древнихъ культурныхъ народовъ большой энергіи. Для приведенія корабля въ движеніе была примѣнена мускульная сила человѣка; но, чтобы дѣйствіе этой слабой силы было значительно, пришлось установить многорядныя весла, а это сдѣлало устройство корабля болѣе сложнымъ. Большимъ успѣхомъ было примѣненіе для движенія корабля силы природы — вѣтра.

Въ области строительства дорогъ безусловно выдѣляются римскія сооруженія: римляне покрыли свое обширное государство дорогами, технически превосходно исполненными. Съ проведеніемъ дорогъ неразрывно связано и устройство мостовъ; матеріаломъ для нихъ въ древности служили камень и дерево. Въ этомъ дѣлѣ римскіе инженеры оставили о себѣ память многопролетными дуговыми мостами; они являются строителями сводчатыхъ каменныхъ мостовъ, пролеты которыхъ превосходили 36 метровъ (18 саженей). Появленіе сводовъ, надъ устройствомъ которыхъ работали независимо другъ отъ друга различные народы, является важнымъ моментомъ въ исторіи строительнаго искусства.

Въ началѣ перваго тысячелѣтія нашего исчисленія техника достигла своего относительнаго расцвѣта. Слѣдующія столѣтія до паденія Римской имперіи и нашествія дикихъ варварскихъ народовъ дали очень мало новаго (см. «Нар. Энц.», т. VIII[1]). Лучшее время настало только въ началѣ второго тысячелѣтія. Въ сторонѣ отъ населенныхъ областей, въ уединенныхъ горныхъ мѣстахъ, шла свободная работа. Техника добычи руды и переработка ея въ металлъ приняла совершенно непредвидѣнные размѣры; вмѣсто человѣческой и животной мускульной силы стали примѣнять силу паденія воды для приведенія въ дѣйствіе воздуходувныхъ машинъ, посредствомъ водяныхъ колесъ, которыя были уже извѣстны въ древности.

До этого времени **добыча желѣза** происходила въ обыкновенныхъ горнахъ, и способъ этотъ знали еще древніе; жидкаго желѣза и чугуна тогда еще не знали. Этотъ простой горнъ потомъ перешелъ въ шахтную печь, которая со временемъ стала строиться выше и послужила родоначальникомъ нашихъ доменныхъ печей (см. ниже «Металлургія»). Доменной процессъ далъ возможность получать желѣзо въ неслыханномъ до тѣхъ поръ количествѣ и, чтобы достигнуть этого, потребовались столѣтія упорной работы и опытовъ. По многочисленнымъ, хорошо исполненнымъ мѣднымъ блюдамъ, съ рисунками, изображающими тогдашнюю горно-заводскую жизнь, можно заключить, какимъ вниманіемъ пользовалась эта отрасль промышленности. Мы находимъ здѣсь плотины и водяныя колеса, хорошо оборудованныя мастерскія, машины. Такимъ путемъ достигла горно-заводская техника до XVI столѣтія большихъ успѣховъ въ добычѣ и переработкѣ неорганическихъ веществъ. Эти успѣхи пріобрѣли особенно важное значеніе для всеобщей исторіи послѣ переворота въ военномъ дѣлѣ, который наступилъ съ примѣненіемъ пороха; появленіе огнестрѣльныхъ орудій было тѣсно связано съ развитіемъ заводской промышленности.

Порохъ былъ давно извѣстенъ китайцамъ, но они имъ не пользовались въ военныхъ цѣляхъ. Переворотъ, созданный порохомъ въ исторіи народовъ и техники, былъ огроменъ. Метательныя машины древнихъ не достигали своей цѣли и должны были совершенно исчезнуть.

Громадное значеніе и для индустріи имѣло **книгопечатаніе**, которое впервые появилось въ Германіи и послужило распространенію человѣческой мысли. Переписываніе книгъ составляло большой трудъ, и мы видимъ, что въ 1436 году библіотека въ 152 тома считалась большою. Насколько изобрѣтеніе книгопечатанія соотвѣтствовало потребности времени, видно изъ того, что

уже черезъ полстолѣтіе послѣ появленія первой печатной библіи было выпущено 16.300 книгъ изъ 1.213 книгопечатенъ, находившихся въ 208 различныхъ городахъ.

Мы должны замѣтить, что пути сообщенія въ эту эпоху были въ зачаточномъ состояніи, и самыя необходимыя для населенія шоссейныя дороги имѣли жалкій видъ. Также и **водное сообщеніе** было очень слабо; формы кораблей остаются тѣ же, что и у древнихъ, только увеличиваются немного размѣры. Суда все еще гребныя, хотя сила вѣтра находитъ все большее примѣненіе. Въ 1240 году самое большое судно Англіи имѣло водоизмѣщеніе только 80 тоннъ, а въ 1340 году большій корабль имѣлъ уже 250 тоннъ (см. ниже «Пароходы»). Эти корабли годились уже къ дальнему плаванію и, имѣя компасъ, какъ указатель дороги, можно было думать объ изслѣдованіи малоизвѣстнаго океана. Въ концѣ XV столѣтія эти замыслы были приведены въ исполненіе — въ 1492 году Колумбъ на своемъ кораблѣ «Святая Марія» открываетъ Америку (см. «Нар. Энц.», т. VIII). Судно это имѣло водоизмѣщеніе 246 тоннъ, килевую длину 19 метровъ, большую ширину 6,7 метра и среднюю осадку 2,89 метра. Сто лѣтъ позднѣе изслѣдователи дороги въ Индію располагали уже кораблями водоизмѣщеніемъ отъ 700 до 800 тоннъ, а въ 1640 году самый большой корабль Англіи имѣлъ 1.637 тоннъ, килевую длину 42,6 метра, ширину 15,2 метра и осадку 6,1 метра. Изъ этихъ цифръ мы видимъ, какіе должны быть успѣхи судостроенія, чтобы удовлетворить все возрастающимъ потребностямъ.

Техническія открытія XVIII столѣтія были фундаментомъ для колоссальнаго подъема техники въ XIX вѣкѣ. Всѣ стремленія были направлены на то, чтобы тепловую энергію горючихъ веществъ перевести въ механическую, и это дало путь для всего послѣдующаго развитія. Появленіемъ такъ называемой **атмосферной поршневой машины** міръ обязанъ французскому изслѣдователю Денису Папину, который жилъ въ то время въ Германіи. Папинъ былъ ассистентомъ у Гюйгенса и работалъ вмѣстѣ съ нимъ надъ вопросомъ о давленіи атмосфернаго воздуха. Гюйгенсъ производилъ въ это время изслѣдованія надъ примѣненіемъ силы взрыва пороха для поршневой машины. Эти опыты продолжалъ Папинъ, который въ 1687 году получилъ предложеніе отъ ландграфа Карла Гессенскаго поселиться въ Марбургѣ и заниматься тамъ своей работой. Машина должна была дѣйствовать слѣдующимъ образомъ: небольшое количество пороха взрывалось на днѣ вертикальнаго цилиндра подъ поршнемъ, получаемые газы подбрасывали поршень и вытѣсняли изъ цилиндра часть воздуха; подъ поршнемъ получалось разрѣженіе

и онъ опускался въ свое прежнее положеніе, благодаря атмосферному давленію; отъ такого перемѣщенія поршня машина приходила въ движеніе. Получить равномѣрный ходъ было трудно, а сильныя вспышки дѣлали машину опасной. Папину въ 1690 г. пришла счастливая мысль вмѣсто пороха примѣнить водяной паръ, который заполнялъ цилиндръ и вытѣснялъ воздухъ. Паръ, охладившись, превращался снова въ воду и занималъ малое пространство; этимъ достигалось желаемое разрѣженіе. Опытъ оправдалъ вѣрность предположенія, нужно было только выполнить идею; но тогдашняя техника не была въ состояніи сдѣлать это.

Къ концу XVII столѣтія, благодаря работамъ Савери въ Англіи и Папина въ Германіи, появились очень интересные насосы прямого дѣйствія, которые подымали воду непосредственно паромъ. Уже тогда была въ Англіи необходимость въ машинѣ, могущей поднять наружу воду, находящуюся въ шахтахъ. Этого не могъ сдѣлать небезупречный по конструкціи насосъ Савери, и «другъ горняка», какъ назвалъ его изобрѣтатель, оказался безсильнымъ. Тогда одному кузнецу Ньюкомену пришла мысль осуществить въ дѣйствительности атмосферную поршневую машину. Въ 1705 году начались первые опыты Ньюкомена, но подробности о нихъ до насъ не дошли. Мы знаемъ только, что онъ въ 1711 г. былъ занятъ устройствомъ машины, а въ 1712 году она уже работала. Въ послѣдніе годы улучшилось исполненіе атмосферныхъ машинъ; распредѣлительные органы замѣнили автоматическими приборами. Такъ, въ 1718 году мы видимъ уже атмосферную машину съ автоматическимъ парораспредѣленіемъ. Подобныя машины начали скоро распространяться и за предѣлы Англіи и доказывали справедливость невѣроятныхъ слуховъ, что англичанамъ удалось «воду подымать огнемъ».

Въ 70-хъ годахъ XVIII столѣтія атмосферная машина достигла наибольшаго своего усовершенствованія; въ это же время Уатту удалось построить первую **паровую машину** въ современномъ смыслѣ этого слова. Очень рѣдко въ исторіи открытій можно найти такой поразительный примѣръ сочетанія глубокаго критическаго пониманія съ большой фантазіей, какое мы находимъ въ работахъ Уатта. Съ простыми средствами произвелъ онъ строго научные опыты для изслѣдованія силы природы, чтобы обратить ее на службу человѣку.

Въ 1765 г. Уаттъ блестяще закончилъ свое изобрѣтеніе. Первая пробная машина оправдала предположенія, и 5 января 1769 г. Уатту былъ врученъ достопамятный патентъ. Такая машина была въ высшей степени проста; она состояла изъ вертикальнаго

парового цилиндра съ поршнемъ, соединеннымъ съ однимъ концомъ равноплечнаго коромысла; другой конецъ его былъ соединенъ съ поршнемъ водяного насоса; такимъ образомъ, каждому ходу парового поршня вверхъ соотвѣтствовало движеніе поршня насоса внизъ, и наоборотъ.

Въ 1791 г. Уатту удалось построить машину съ вращательнымъ движеніемъ маховика (см. статью «Паровая машина»); а затѣмъ онъ усовершенствовалъ ее, сдѣлавъ ее машиной двойного дѣйствія, въ которой паръ заставлялъ поршень двигаться какъ вверхъ, такъ и внизъ. Теперь уже имѣлась паровая машина, способная приводить въ движеніе рабочіе станки и машины всѣхъ производствъ, и сила пара начала царить во всей промышленности. Она превратила ручное производство въ новую форму, увеличила работоспособность всѣхъ существовавшихъ станковъ и послужила толчкомъ для новыхъ изобрѣтеній. Не было ни одной области промышленности, гдѣ бы не примѣнялась паровая машина. Исторія техники раздѣляется поэтому на эпохи до изобрѣтенія и послѣ изобрѣтенія паровой машины.

Добываніе желѣза велось до начала XVIII столѣтія еще на древесномъ углѣ. Съ возрастаніемъ производства желѣза площадь лѣса постепенно уменьшалась; скоро начали обвинять «прожорливыя печи» въ истребленіи лѣсныхъ богатствъ Англіи, благодаря чему, принуждены были нужный для кораблестроенія лѣсъ выписывать изъ другихъ странъ. Примѣненіе **каменнаго угля** для доменныхъ печей сначала не удавалось и, только благодаря упорнымъ трудамъ англійскаго горнозаводчика Авраама Дерби и его сына, удалось достигнуть удовлетворительныхъ результатовъ, примѣнивъ каменноугольный коксъ. Этимъ въ первой половинѣ XVIII столѣтія было положено начало дальнѣйшему процвѣтанію англійской горной промышленности. Въ 60-хъ годахъ были введены въ процессъ доменныхъ печей спеціальныя воздуходувныя машины, сильно повысившія ихъ производительность, и производство желѣза перешло повсемѣстно въ Англіи на каменный уголь.

Попутно съ описанными событіями въ желѣзодѣлательной промышленности имѣли большое значеніе крупные успѣхи въ области **текстильнаго производства (пряденія и ткачества).** Послѣ многолѣтнихъ опытовъ, направленныхъ къ тому, чтобы замѣнить ручную работу пряденія машиной, въ 1825 году появилась уже вполнѣ законченная прядильная машина Робертса, называемая «сельфакторъ». Впослѣдствіи примѣненіе машинъ перешло также въ область шерстянаго и льнопрядильнаго производства.

Чтобы переработка пряжи могла итти нога въ ногу съ колоссально повысившеюся производительностью прядильныхъ ма-

шинъ, было необходимо и въ ткацкой области перейти отъ ручной работы къ машинной. И здѣсь были необходимы продолжительные, кропотливые опыты, пока, наконецъ, не удалось изобрѣтательному человѣческому духу разрѣшить и эту задачу. Въ 80-хъ годахъ XVIII столѣтія англичанину Картрайту удалось построить механическій ткацкій станокъ и пустить въ ходъ фабрику, гдѣ работали исключительно механическіе станки. Все же прочные практическіе успѣхи въ этой области были достигнуты только въ началѣ XIX столѣтія.

Развитіе промышленности въ высокой степени зависитъ отъ условій сношенія. Это стало ясно замѣтнымъ въ XVIII столѣтіи. Коренное измѣненіе во всѣхъ условіяхъ сношенія было достигнуто введеніемъ и въ этой области паровой силы. Техническое событіе, чрезвычайно важное для всего человѣческаго развитія и заключающееся въ созданіи желѣзныхъ дорогъ съ паровой тягой и пароходовъ, принадлежитъ первой половинѣ XIX столѣтія. Сначала сила пара была примѣнена на водѣ; мысль о постройкѣ парохода занимала еще Папина. Въ концѣ XVIII вѣка мы находимъ въ Америкѣ, Англіи и Франціи людей, работающихъ надъ вопросомъ о переносѣ паровой машины съ твердой почвы на подвижное судно.

Но XVIII вѣкъ не могъ дожить до практическихъ и положительныхъ успѣховъ; только 17 августа 1807 года американскому инженеру Роберту Фультону удалось предпринять успѣшную поѣздку на **пароходѣ съ паровой машиной,** построенной по его указаніямъ на заводѣ Уатта въ Англіи; и только съ этого времени было введено въ Америкѣ постоянное пароходное сообщеніе. Въ Европѣ стали пользоваться пароходами только въ 1812 г., благодаря трудамъ шотландца Джона Белля. Въ нѣсколько лѣтъ образовался цѣлый флотъ пароходовъ и, употребляемыя съ древнѣйшихъ временъ, парусныя суда начинаютъ все болѣе и болѣе отступать на задній планъ. Съ развитіемъ техники шло совершенствованіе судостроенія и механизмовъ, приводящихъ суда въ движеніе; съ замѣной дерева, какъ строительнаго матеріала, желѣзомъ и сталью увеличились размѣры судовъ и мощность ихъ машинъ. Машина «Кометы» Белля въ 1812 году была приблизительно въ 3 лошадиныя силы; теперь быстроходные пароходы снабжаются машинами въ 60.000 силъ.

Нѣсколько лѣтъ спустя была разрѣшена задача примѣненія **паровой тяги въ сухопутномъ сообщеніи.** Попытки конца XVIII и начала XIX столѣтій не увѣнчались успѣхомъ: въ 1769 году во Франціи былъ построенъ автомобиль, снабженный атмосферной машиной, для передвиженія тяжелыхъ орудій; въ

1804 году въ Англіи инженеръ Тревисикъ пустилъ по рельсовому пути паровой локомотивъ; но послѣ первыхъ пробъ сбѣ эти машины отказались служить. Послѣ многолѣтней работы Стефенсонъ въ 1829 году выпустилъ паровозъ «Ракету», который дѣлалъ до 56 километровъ (52 версты) въ 1 часъ. Изобрѣтеніе паровоза заставило развиться новую отрасль инженернаго дѣла — постройку желѣзныхъ дорогъ и возведеніе связанныхъ съ ними разныхъ сооруженій. Проведеніе дорогъ по сравнительно ровнымъ мѣстностямъ не представляло большихъ затрудненій, за исключеніемъ перехода большихъ рѣкъ. Хотя устройство мостовъ было давно извѣстно человѣчеству, тѣмъ не менѣе, здѣсь ставилась совершенно новая задача: эти мосты должны были выдерживать такую нагрузку (цѣлый желѣзнодорожный поѣздъ — 40.000 пудовъ и свыше), о которой до этого человѣкъ не имѣлъ никакого представленія. Эта задача разрѣшена: поѣздъ желѣзной дороги безпрепятственно можетъ пройти отъ береговъ Атлантическаго океана, черезъ всю Европу и Азію, до береговъ Великаго океана, несмотря на то, что путь этотъ пересѣкается множествомъ рѣкъ, въ числѣ которыхъ такія большія, какъ Волга и Енисей.

Еще большей побѣды въ борьбѣ съ природой достигъ человѣкъ при проведеніи дорогъ въ горныхъ мѣстностяхъ; первое время дороги въ такихъ мѣстахъ проводились по долинамъ рѣкъ; прокладывались сравнительно длинные пути въ обходъ значительныхъ горъ; но, когда человѣкъ столкнулся съ каменными громадами грудь съ грудью, рѣшено было итти прямо и пробивать себѣ дорогу въ горныхъ массивахъ. Сначала пробивались небольшіе **туннели** въ нѣсколько саженей длиной; а затѣмъ они дѣлались въ большихъ горахъ все длиннѣе, и, наконецъ, въ 1872 году рѣшено было соединить рельсовымъ путемъ Италію и Швейцарію, для чего нужно было, кромѣ другихъ сооруженій, прорыть туннель въ горѣ С.-Готардъ длиной въ 15 километровъ (около 14 верстъ). Туннель прокладывался сразу съ двухъ сторонъ, и черезъ 7½ лѣтъ работавшіе съ сѣвера и съ юга встрѣтились въ серединѣ горы, выбивъ послѣдніе камни, раздѣлявшіе ихъ; при чемъ ни та, ни другая партія не отклонилась отъ намѣченной строителями прямой линіи. Этотъ туннель былъ одною изъ грандіозныхъ побѣдъ человѣческаго генія надъ природой. Въ началѣ текущаго столѣтія построенъ уже въ 4 года Симплонскій туннель, длиной въ 20 километровъ.

Для сокращенія морского пути пароходовъ были созданы не менѣе грандіозныя сооруженія, чѣмъ туннели, а именно, **каналы**, соединяющіе моря и океаны для прохода судовъ. Первый большой каналъ, соединившій Атлантическій и Индій-

скій океаны черезъ Средиземное и Красное море, былъ прорытъ подъ руководствомъ французскаго инженера Фердинанда Лессепса; работы по сооруженію канала, имѣющаго длину 160 километровъ (149 верстъ), ширину 47 саженей и глубину 4½ сажени, продолжались 10 лѣтъ (съ 1859 по 1869 г.). Въ настоящее время приходятъ къ концу работы по сооруженію Панамскаго канала, который долженъ будетъ соединить Атлантическій и Великій океаны между Сѣверной и Южной Америкой.

Значеніе современнаго сообщенія по водѣ и сушѣ, созданнаго паровой машиной, для развитія промышленности громадно: улучшенные пути и средства сообщенія сдѣлали возможнымъ широкій сбытъ продуктовъ производства, такъ что выгода достигнутаго машинами массоваго производства могла быть теперь осуществлена.

Крупные успѣхи въ **желѣзной промышленности** содѣйствовали громадному развитію желѣзныхъ дорогъ, постройкѣ грандіозныхъ пароходовъ и всевозможныхъ машинъ; все это наложило на новое время печать машиннаго вѣка. Новое направленіе желѣзной промышленности было дано Бессемеромъ. 16 августа 1856 г. имъ сдѣланъ былъ знаменитый докладъ о новомъ способѣ изготовленія стали, по которому безъ примѣненія горючаго матеріала, а только продуваніемъ атмосфернаго воздуха расплавленный чугунъ можно превращать въ жидкую сталь и даже въ жидкое ковкое желѣзо. Это новое изобрѣтеніе произвело громадное впечатлѣніе. Всѣ металлурги начали заниматься этимъ способомъ и всѣ были разочарованы, такъ какъ не сразу получились хорошіе результаты. И здѣсь нужны были неослабные, долгіе опыты, пока не удалось этой геніальной мысли воплотиться въ практической дѣйствительности. Такимъ образомъ, съ изобрѣтеніемъ Бессемера наступило новѣйшее время — **вѣкъ стали.** Такіе успѣхи металлургіи и другихъ отраслей химической промышленности явились результатомъ крупныхъ научныхъ открытій въ различныхъ областяхъ естествознанія и, особенно, въ области химіи. Въ концѣ XVIII столѣтія Лавуазье открылъ законъ сохраненія матеріи (см. «Нар. Энц.», т. I, 2 пол.); за этимъ открытіемъ послѣдовалъ рядъ крупныхъ изслѣдованій многихъ ученыхъ начала XIX вѣка, которыя пролили свѣтъ на сущность процессовъ химическихъ производствъ. Дальнѣйшія научныя открытія въ области химіи быстро находили примѣненіе въ техникѣ.

Съ развитіемъ машиностроенія всѣ отрасли промышленности стали постепенно замѣнять ручной трудъ человѣка работой машинъ; машина, по волѣ человѣка, безъ-устали равномѣрно стала

дѣлать гвозди и бумагу, вытаскивать илъ, песокъ и грязь со дна рѣкъ для углубленія ихъ, размалывать зерно и сортировать муку, подавать воду на большія разстоянія и на значительную высоту, если нужно, превращать эту воду въ ледъ и т. д. и т. д. Еще на одно поразительное изобрѣтеніе начала XIX столѣтія слѣдуетъ здѣсь вкратцѣ указать, — это на изобрѣтеніе **газоваго освѣщенія.** Газъ каменнаго угля является съ древнѣйшихъ временъ первымъ крупнымъ открытіемъ въ области искусственнаго освѣщенія. Со времени полученія свѣтильнаго газа начинается эпоха современнаго освѣщенія, которая, благодаря увеличивающемуся съ каждымъ 10-лѣтіемъ потоку свѣта, такъ блестяще отличается отъ мрака прошедшихъ вѣковъ. Газовые заводы оказались источниками не одного свѣта: отбросы газоваго производства — каменноугольная или газовая смола явилась исходнымъ матеріаломъ для **приготовленія красокъ,** изъ которыхъ иныя раньше получались изъ растеній, занимавшихъ большую площадь земли, а многія совершенно не были извѣстны. Для окрашиванія тканей, бумаги и т. п. пользовались исключительно естественными красками, добывавшимися изъ растеній и нѣкоторыхъ низшихъ животныхъ. Въ красный цвѣтъ окрашивали красящимъ веществомъ растенія маренны или краппа; для разведенія его отводились большія площади полей, воздѣлываніемъ которыхъ было занято громадное количество рабочихъ рукъ; искусственнымъ приготовленіемъ этой краски, носящей теперь названіе ализарина, занято нѣсколько человѣкъ въ сравнительно небольшомъ помѣщеніи химическихъ фабрикъ; а поля и рабочіе освободились для воздѣлыванія другихъ необходимыхъ человѣку растеній. То же произошло и съ другой распространенной синей краской — индиго, которое въ настоящее время готовится на заводахъ искусственно въ громадныхъ количествахъ. Искусственныя краски получились болѣе разнообразныхъ оттѣнковъ, чѣмъ въ естественныхъ красящихъ веществахъ.

Въ XIX столѣтіи началось во всѣхъ странахъ развиваться техническое образованіе. Техническія школы разныхъ родовъ должны были очень способствовать всеобщему развитію и ускорять его, такъ какъ, благодаря имъ, стало возможнымъ перенести въ сжатой формѣ и большомъ объемѣ свѣдѣнія цѣлыхъ поколѣній на подрастающее юношество, которое и было обязано споспѣшествовать дальнѣйшему развитію.

Кто сравнивалъ въ 60-хъ и 70-хъ годахъ XIX вѣка достигнутые тогда успѣхи техники съ тѣмъ, что было налицо въ началѣ того же столѣтія, особенно если онъ стоялъ вдали отъ нея, могъ легко притти къ заключенію, что дальше итти некуда, и

что человѣкъ уже приближается къ концу техническаго развитія, въ корнѣ измѣнившаго всю міровую картину. Въ сообщеніяхъ того времени можно было встрѣтить подобныя размышленія. Но вотъ наступаетъ время **электротехники**, которая дала новѣйшему періоду развитія свой отпечатокъ.

Въ продолженіе цѣлыхъ вѣковъ ученые производили наблюденія и основные опыты въ области электричества и магнетизма, пока въ 30-хъ и 40-хъ годахъ электрическій токъ получилъ практическое значеніе въ телеграфѣ. Теперь удалось съ молніеносной быстротой передать человѣческую мысль по всему земному шару.

Въ быстрой передачѣ мысли на разстояніе не могъ воспрепятствовать и океанъ. Первое время послѣ изобрѣтенія телеграфа Америка для сношенія со Старымъ Свѣтомъ не могла пользоваться новымъ способомъ сношеній; послѣ длиннаго ряда изслѣдованій рѣшено было соединить телеграфной проволокой западный берегъ Англіи съ восточнымъ берегомъ Америки. Была изготовлена цѣльная проволока длиной около 4.000 верстъ, покрытая въ нѣсколько слоевъ различными предохранительными обмотками, чтобы предохранить ее отъ разрыва и отъ порчи морской водой. Спеціальный пароходъ былъ приспособленъ для помѣщенія на немъ этого мотка проволоки; были установлены машины, которыя разматывали и спускали этотъ кабель въ воду. Этотъ кабель является первымъ грандіознымъ сооруженіемъ для передачи человѣческой мысли на разстояніе.

Но только тогда электрическій токъ могъ оказать переворотъ во всей техникѣ, когда удалось получать его въ большомъ размѣрѣ механическимъ путемъ; на пути къ разрѣшенію этого вопроса мы находимъ множество изслѣдователей и инженеровъ. Необыкновенно великое значеніе имѣлъ динамо-электрическій принципъ, который былъ установленъ Вернеромъ Сименсомъ.

Первой большой областью примѣненія электрическаго тока было освѣщеніе.

Передача электрической энергіи на разстояніе начинаетъ получать распространеніе послѣ выставки во Франкфуртѣ-на-Майнѣ въ 1891 году, гдѣ отъ турбины въ 254 лошадиныхъ силъ 181 сила были переданы на электрическую дорогу, соединяющую выставку съ городомъ. Это могло служить первымъ вѣрнымъ доказательствомъ, что значительныя силы могутъ быть экономно переносимы, при помощи электрическаго тока, на большія разстоянія.

Электрическій токъ на нашихъ глазахъ совершенно измѣняетъ способы сношенія человѣчества; совсѣмъ недавно были

поставлены лабораторные опыты **телеграфированія безъ проводовъ**: въ настоящее время люди, среди океана, на быстро идущемъ пароходѣ имѣютъ возможность давать о себѣ свѣдѣнія на материкъ и получать сообщенія съ земли и съ другихъ пароходовъ. Телефонъ даетъ возможность быстро обмѣниваться мыслями людямъ, не только въ предѣлахъ своего уѣзда, но и раздѣленнымъ разстояніемъ въ 1.000 верстъ.

Конечно, развитіе электротехники должно было благотворно повліять и на построеніе двигателей, приводимыхъ въ движеніе водой и вѣтромъ. Изъ громоздкихъ водяныхъ колесъ, которыя были еще въ началѣ столѣтія во всеобщемъ употребленіи и сохранили до сихъ поръ въ отдаленныхъ мѣстностяхъ свою первобытную форму, развились современныя водяныя **турбины**, мощность которыхъ теперь достигаетъ 18.000 лошадиныхъ силъ, тогда какъ нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ стосильная турбина считалась рѣдкостью. Новую отрасль машиностроенія составили также и паровыя турбины, въ которыхъ былъ достигнутъ очень равномѣрный ходъ, столь важный для динамомашинъ, имѣющихъ большое число оборотовъ.

Со старыми испытанными машинами вступаютъ въ соревнованіе **двигатели внутренняго сгоранія** (см. статью «Тепловые двигатели»), назначеніе которыхъ было въ 60-хъ годахъ прошлаго столѣтія поддержать мелкую промышленность въ борьбѣ съ фабрикою; но какъ только удалось использовать газы доменныхъ печей, они развились въ самостоятельныя машины огромныхъ размѣровъ. Для использованія керосина, бензина и другихъ жидкихъ горючихъ матеріаловъ были изобрѣтены двигатели, пріобрѣтающіе все бо́льшее и бо́льшее значеніе въ дѣлѣ завоеванія стихій природы и для улучшенія способовъ передвиженія. Благодаря этимъ двигателямъ, удалось разрѣшить задачу примѣненія машины къ передвиженію экипажа. Попытки такого способа передвиженія, сдѣланныя въ концѣ XVIII вѣка, черезъ 100 лѣтъ получили блестящее разрѣшеніе; теперь легкій автомобиль проходитъ большія разстоянія со скоростью 40—60 верстъ въ 1 часъ, грузовой перевозитъ тяжести съ достаточной быстротой. Тѣ же двигатели, носящіе названіе моторовъ, оказываютъ большую услугу въ рѣшеніи задачи, которая давно привлекала человѣческій умъ, — воздухоплаванія. Машина дала возможность человѣку управлять и воздушнымъ кораблемъ и итти наперекоръ стихіи.

Всѣ отрасли техники тѣсно связаны между собой, и значительные успѣхи въ одной области являются результатомъ усовершенствованій въ другой, довольно отдаленной. Такъ, благо-

даря развитію электротехники, явилась возможность примѣнять электролизъ (см. «Нар. Энц.». т. I, «Физику») къ полученію металловъ на заводахъ въ большихъ количествахъ: при чемъ электролизомъ металлы получаются очень чистыми. Этотъ способъ примѣненъ и къ полученію желѣза: электролитическое желѣзо, благодаря высокой чистотѣ, имѣетъ иныя физическія свойства, чѣмъ получавшееся до сихъ поръ. Такъ, оно быстро намагничивается подъ вліяніемъ электрическаго тока и быстро теряетъ свой магнетизмъ: поэтому оно даетъ хорошо дѣйствующіе электромагниты (см. статью «Электротехника»). Замѣна въ электромоторѣ прежнихъ электромагнитовъ новыми изъ электролитическаго желѣза увеличиваетъ мощность мотора въ 2.5 раза. Здѣсь получается какъ бы кругъ взаимодѣйствія: развитіе электротехники вызвало усовершенствованіе въ металлургіи, а это послѣднее дало возможность улучшить устройство динамомашинъ.

Примѣненіе токовъ высокаго напряженія даетъ возможность получать и очень высокія температуры; въ такъ называемыхъ **электрическихъ печахъ** въ настоящее время мы можемъ имѣть температуру въ 3.000° Ц.: при такой температурѣ известь улетучивается въ видѣ пара. Съ другой стороны, мы можемъ имѣть и очень низкія температуры, почти приближающіяся къ температурѣ абсолютнаго нуля—273° Ц. (см. т. I, «Физику»): испаряющійся жидкій воздухъ имѣетъ температуру — 213° Ц., жидкій водородъ—252.6° Ц. и, наконецъ, сгущенный гелій—271.5° Ц. Примѣненіе высокихъ температуръ дало возможность въ электрической печи получить искусственно такія вещества, какъ алмазъ. Съ другой стороны, пользуясь тѣмъ же токомъ высокаго напряженія, человѣкъ получаетъ изъ воздуха азотную кислоту, которая въ видѣ селитры является важнымъ удобрительнымъ тукомъ: а до сихъ поръ для этой цѣли пользовались только залежами этой соли въ Южной Америкѣ.

Несмотря на громадные успѣхи, достигнутые наукой, а вмѣстѣ съ нею и техникой, оказывается все-таки, что человѣчество слишкомъ расточительно тратитъ колоссальныя богатства, скопленныя растеніями въ теченіе вѣковъ въ видѣ каменнаго угля. Такъ, если возьмемъ самую совершенную паровую машину, то оказывается, что въ ней производительно затрачивается только 15% тепла угля, сожженнаго въ топкѣ парового котла, питающаго машину; а остальные 85% накопленной въ углѣ энергіи пропадаютъ совершенно безполезно. Еще хуже обстоитъ дѣло съ освѣщеніемъ: въ самой совершенной электрической лампочкѣ на освѣщеніе использовывается только 5% затраченной энергіи топлива, а остальные 95% расходуются на ненужное нагрѣваніе

лампочки, проводовъ, на преодолѣніе тренія въ машинѣ и т. д.; а у жучка-свѣтлячка расходуется на производство свѣта 90% затрачиваемой имъ энергіи. Этотъ примѣръ указываетъ, какъ далеки еще отъ совершенства наши механизмы.

Какія же **задачи** должна разрѣшить **техника въ будущемъ** на благо человѣчества?

Жизнь на землѣ поддерживается, благодаря солнечной энергіи, приносимой намъ лучами солнца; солнце нагрѣваетъ воду въ океанахъ, моряхъ, рѣкахъ; вода превращается въ паръ, который разносится атмосферными теченіями; этотъ паръ выпадаетъ въ видѣ дождя, снѣга, града, питаетъ землю, является источникомъ нашихъ рѣкъ, озеръ и водопадовъ; силой теченія и паденія воды мы постоянно пользуемся. Для поддержанія жизни животныхъ, въ томъ числѣ и человѣка, необходимы кислородъ (для дыханія) и питательныя вещества (главнымъ образомъ, бѣлки, жиры и углеводы). Кислородъ имѣется въ воздухѣ, но послѣдній постоянно «отравляется» углекислотой, выдыхаемой живыми существами; и жизнь на землѣ, быть-можетъ, давно бы прекратилась, если бы растенія подъ вліяніемъ того же солнечнаго луча не разлагали угольную кислоту и не возвращали бы въ воздухъ свободнаго кислорода; а изъ углерода растеніе строитъ свои ткани, созидаетъ углеводы (сахары, жиры); въ растеніяхъ же происходитъ усвоеніе атмосфернаго азота, — элемента, необходимаго для синтеза бѣлка. Человѣкъ получаетъ готовую азотистую пищу только отъ растеній и имѣетъ запасы кислорода также благодаря растеніямъ, которыя одни на землѣ усвоиваютъ солнечную энергію и накопляютъ ее.

Задача техники — научиться **улавливать солнечную энергію** для пользованія ею непосредственно, создавать синтетически необходимые для питанія человѣка бѣлки, углеводы. Попытки къ разрѣшенію этихъ задачъ уже намѣчены; такъ, чешскій ученый Стоклаза изъ углекислоты и водорода, подъ вліяніемъ ультрафіолетовыхъ лучей солнечнаго спектра (см. т. I, «Физику»), получилъ муравьиный альдегидъ, а этотъ послѣдній въ присутствіи соединеній калія превратилъ въ сахаръ. Такимъ образомъ, процессъ, который, повидимому, происходитъ въ клѣточкахъ листьевъ растеній, былъ воспроизведенъ въ лабораторіи въ колбѣ. Работы многихъ химиковъ направлены къ тому, чтобы искусственно получить бѣлокъ.

Современная техника не повторяетъ ошибокъ предыдущихъ поколѣній; въ прежнія времена техническія задачи разрѣшались только однимъ опытомъ, такъ какъ точныхъ представленій о многихъ явленіяхъ не было; сплошь и рядомъ люди пользо-

вались такими пріемами, которые не находили себѣ никакого теоретическаго объясненія. Въ настоящее время техника идетъ рука объ руку съ наукой и часто сама ставитъ на разрѣшеніе послѣдней чисто теоретическія задачи и широко пользуется всѣми научными открытіями. Современные успѣхи техники очень велики, наша жизнь тѣсно связана съ ея корнями и ея прошлымъ. Удивляясь тому, что уже достигнуто, мы должны съ благодарностью думать о прошлыхъ творцахъ техники, упорная работа которыхъ послужила началомъ настоящаго блестящаго ея развитія.

Прикладная механика.

1. Паровые котлы.

Паровымъ котломъ называется герметически закрытый сосудъ, въ которомъ вода при нагрѣваніи до кипѣнія превращается въ паръ. Паръ, не имѣя свободнаго выхода, заполняетъ все пространство надъ кипящей водой и производитъ давленіе какъ на стѣнки котла, такъ и на поверхность кипящей воды. По мѣрѣ увеличенія количества образующагося пара, увеличивается его *давленіе* на стѣнки котла и на поверхность кипящей воды или, какъ говорятъ, растетъ *упругость пара*. Выдѣленіе пара при данной температурѣ кипѣнія совершается только до извѣстнаго предѣла, когда паръ наполнитъ или, какъ говорятъ, насытитъ все свободное пространство, послѣ чего выдѣленіе пара прекращается. Такой паръ носитъ названіе *насыщеннаго пара*. По мѣрѣ увеличенія давленія пара и при продолжающемся нагрѣваніи воды повышается температура кипѣнія воды, при чемъ усиливается вновь выдѣленіе пара и растетъ его упругость. Такимъ образомъ, чѣмъ выше температура кипѣнія воды, тѣмъ выше упругость выдѣляющагося изъ нея насыщеннаго пара. Такъ, при нормальномъ атмосферномъ давленіи, опредѣляемомъ давленіемъ ртутнаго столба высотой въ 760 миллиметровъ, температура кипѣнія воды равна 100° Ц. Выдѣляющійся при этомъ насыщенный паръ производитъ давленіе, равное атмосферному, по мѣрѣ же того, какъ давленіе пара все усиливается, повышается и температура кипѣнія, и когда она дойдетъ до 120,6°, упругость пара опредѣлится давленіемъ, равнымъ двумъ атмосферамъ, и т. д.

Здѣсь указаны упругость пара и соотвѣтствующая ему температура кипящей воды.

Упругость пара: Въ атмосферахъ.	Въ мил. ртутнаго столба.	Температура кипѣнія воды въ градусахъ Цельсія.
1 атм.	760 мил.	100,°
2 »	1520 »	120,°6
3 »	2280 »	133,°91
4 »	3040 »	144,°
5 »	3800 »	152,°22
6 »	4560 »	159,°22
7 »	5320 »	165,°34
8 »	6080 »	170,°81
9 »	6840 »	175,°77
10 »	7600 »	180,°31
11 »	8360 »	184,°50
12 »	9120 »	188,°41
13 »	9880 »	192,°08
14 »	10620 »	195,°53

Такимъ образомъ, не выпуская изъ котла пара и нагрѣвая котелъ, можно получить паръ различной упругости. Въ настоящее время доводятъ паръ въ нѣкоторыхъ котлахъ до упругости въ 21 атмосферу. Когда паръ достигнетъ желаемой упругости, его отводятъ изъ котла при помощи особыхъ трубъ къ мѣсту потребленія, регулируя такимъ образомъ, чтобы отводилось такое количество пара, какое вновь можетъ образоваться, чтобы давленіе въ котлѣ оставалось постояннымъ. По мѣрѣ того, какъ образовавшійся паръ отводится изъ котла, въ него непрерывно или по временамъ подкачивается при помощи насосовъ или другихъ приборовъ вода, т.-е. производится, выражаясь технически, *питаніе котла*. Въ котлѣ всегда долженъ находиться въ запасѣ нѣкоторый объемъ воды. Существуютъ котлы съ большимъ объемомъ заключающейся въ немъ воды и съ малымъ.

Выдѣляющійся въ котлѣ изъ воды паръ всегда уноситъ съ собой значительное количество воды въ видѣ капель. Паръ, содержащій мало увлеченной воды въ видѣ капель, носитъ названіе *сухого пара* въ противоположность влажному, содержащему много увлеченной въ капельно-жидкомъ состояніи воды.

Если паръ, насыщенный при извѣстной температурѣ, отвести изъ котла и нагрѣть до болѣе высокой температуры, то получится паръ *перегрѣтый*.

Стѣнки парового котла должны быть прочны, чтобы могли сопротивляться разрушающему дѣйствію пара, и плотны, чтобы не было течи ни воды, ни пара.

Матеріаломъ для изготовленія котловъ служитъ, главнымъ образомъ, желѣзо и мягкая сталь и въ рѣдкихъ случаяхъ красная мѣдь. Вообще, матеріалъ долженъ быть не только крѣпокъ, но и упругъ, мягокъ; жесткій матеріалъ отнюдь не допускается.

Во всякомъ паровомъ котлѣ имѣются слѣдующія части: 1) собственно котелъ — одинъ или нѣсколько соединенныхъ между собою цилиндровъ, служащихъ для парообразованія; 2) топка, гдѣ сжигаютъ топливо и получаютъ необходимое для парообразованія количество теплоты; 3) дымоходы—каналы, въ которыхъ горячіе газы, развившіеся въ топкѣ, соприкасаются со стѣнками парового котла и нагрѣваютъ его; 4) дымовая труба, выводящая охладившіеся газы въ верхніе слои атмосферы и устававливающая достаточный притокъ свѣжаго воздуха въ топку; 5) арматура — различные приборы, помогающіе слѣдить за работой котла, дѣлать ее правильной и безопасной. Кромѣ того, въ настоящее время все чаще и чаще присоединяются къ котлу такъ называемые перегрѣватели и подогрѣватели; первые служатъ для осушки и перегрѣва пара, полученнаго въ котлѣ, и устанавливаются на пути между котломъ и трубами, отводящими паръ въ машину, а вторые ставятся за дымоходами въ каналѣ, называемомъ боровомъ и соединяющемъ дымоходы съ трубой; въ подогрѣвателяхъ нагрѣвается отработанными газами вода, служащая для питанія котла, и такимъ образомъ используется часть теплоты, уносимой газами въ трубу.

Въ собственно паровомъ котлѣ надо различать слѣдующія части: *поверхность нагрѣва*, подъ каковой подразумѣвается часть стѣнокъ котла, омываемая съ одной стороны водой, а съ другой— горячими газами; *водяное пространство* — часть котла, занятая водой; *паровое пространство* — таковое же, занятое паромъ; поверхность, раздѣляющая эти два объема, называется *поверхностью испаренія*, такъ какъ съ нея поднимаются образующіеся пузырьки пара.

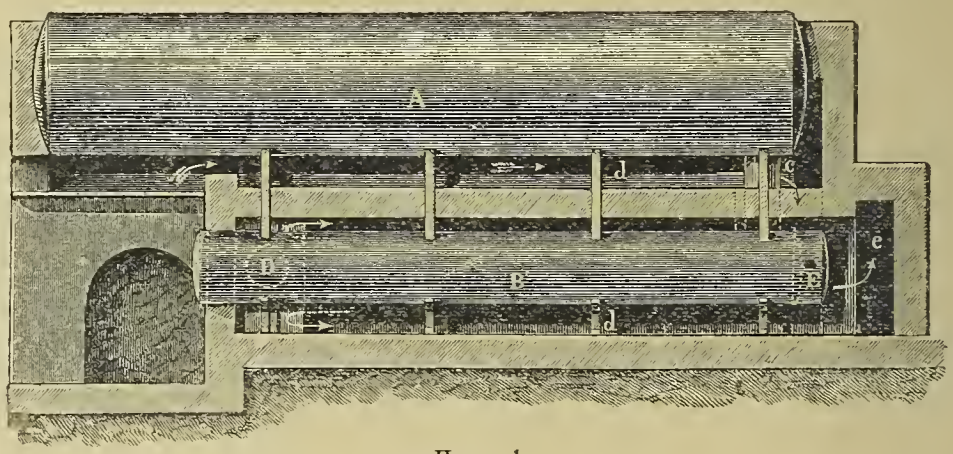
Чѣмъ больше воды въ котлѣ, тѣмъ болѣе времени тратится на приведеніе котла въ дѣйствіе, на надлежащее нагрѣваніе массы воды, но зато тѣмъ правильнѣе работа котла въ случаѣ перемѣннаго расхода пара, ибо большое количество воды накапливаетъ въ себѣ значительный запасъ теплоты, который и будетъ въ дальнѣйшемъ способствовать правильному и покойному парообразованію. Съ другой стороны, небольшой объемъ воды въ котлѣ способствуетъ быстрому приведенію въ дѣйствіе котла; поэтому въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ имѣетъ мѣсто перемѣнный расходъ пара, надо пользоваться котлами съ большимъ объемомъ воды;

если же необходима быстрота разводки паровъ, то слѣдуетъ отдать предпочтеніе котлу съ малымъ объемомъ воды.

Величина поверхности испаренія вліяетъ на степень сухости пара; чѣмъ больше эта поверхность, тѣмъ покойнѣе выдѣленіе пара, тѣмъ меньше паръ унесетъ съ собой воды, тѣмъ онъ будетъ суше. Собственно котелъ состоитъ изъ нѣсколькихъ частей, соединяемыхъ между собою склепкой, сваркой, развальцевкой и, сравнительно рѣже, винтовой рѣзьбой.

Первый паровой котелъ былъ изобрѣтенъ французскимъ физикомъ Папиномъ въ 1680 году. Котелъ этотъ служитъ для полученія пара высокой температуры, и въ немъ впервые былъ примѣненъ предохранительный клапанъ.

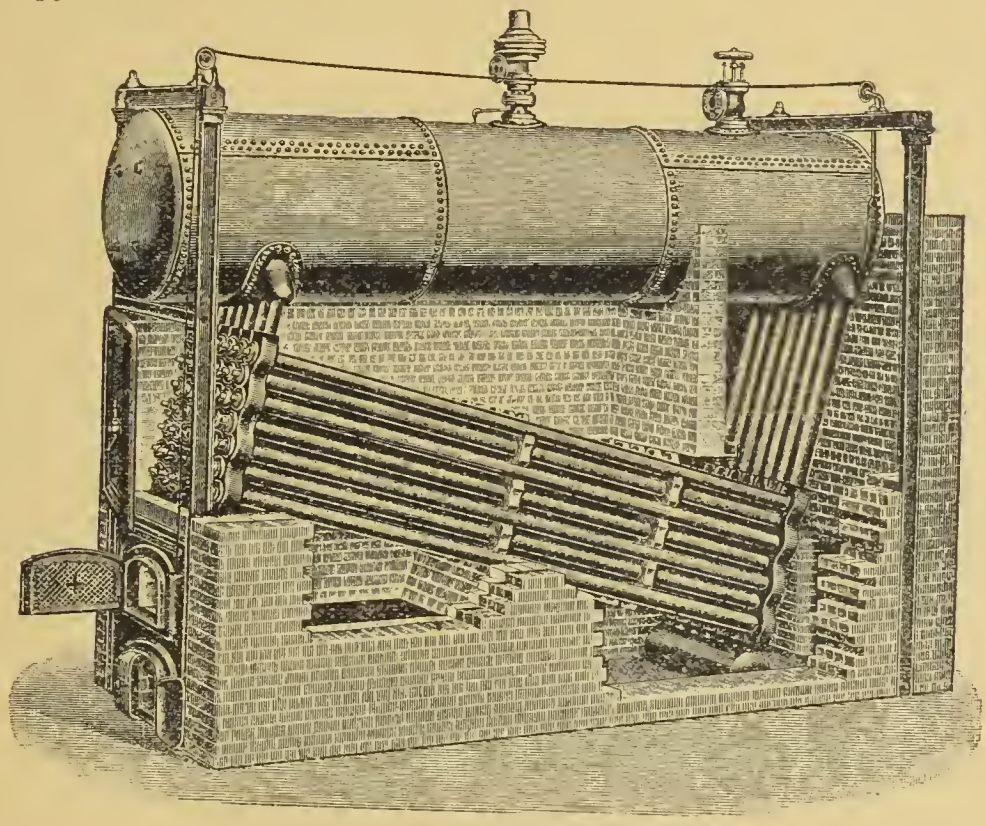
Простѣйшій видъ современнаго котла — цилиндрическій котелъ, построенный впервые англичаниномъ Вульфомъ; онъ



Черт. 1.

представляетъ цилиндръ, діаметромъ 0,8 — 1,5 метр., и длиною 10 — 15 метр., закрытый на концахъ плоскими или выпуклыми днищами. Топка располагается подъ котломъ; горячіе газы проходятъ одинъ разъ по всей длинѣ котла, охватывая около половины боковой поверхности его. Въ виду невозможности послѣдней придать большіе размѣры, не увеличивая значительно объемъ котла и кирпичной обмуровки, эти котлы мало находятъ себѣ примѣненіе; они замѣнены были котлами, состоящими изъ нѣсколькихъ цилиндровъ, соединенныхъ между собою и заключенныхъ въ общую обмуровку. Одинъ цилиндръ располагается выше, остальные ниже другъ подъ другомъ или рядомъ; послѣднихъ цилиндровъ бываетъ одинъ, два и три. Если топка помѣщается подъ верхнимъ котломъ, который подвергается, слѣдовательно, наибольшему жару, то котелъ называется котломъ съ подогрѣвателями, такъ какъ добавочные цилиндры

обогрѣваются газами уже охладившимися, постепенно переходящими отъ одного цилиндра къ другому; въ нихъ парообразованіе будетъ слабое, и скорѣе будетъ только подогрѣзаться вода, превращающаяся въ паръ въ верхнемъ цилиндрѣ (черт. 1). Если же топка помѣщается подъ добавочными цилиндрами, которые и нагрѣваются всего болѣе, верхній же омывается газами охладившимися, то котелъ получаетъ названіе котла съ кипятильниками. Какъ подогрѣватели, такъ и кипятильники соединяются съ верхнимъ цилиндромъ — паросборникомъ короткими патрубками.

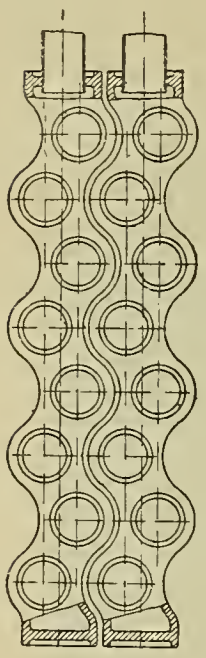


Черт. 2. Котелъ Бабкокъ-Вилькокса.

Эти виды котловъ, обладая простымъ устройствомъ, доступностью всѣхъ частей, легкостью очистки котельныхъ стѣнокъ отъ накипи, ржавчины и сажи, легкостью ремонта, превосходятъ простые цилиндрическіе котлы бо́льшею поверхностью нагрѣва при одномъ и томъ же объемѣ. Серьезнымъ ихъ недостаткомъ является порча мѣстъ прикрѣпленія патрубковъ къ цилиндрамъ, вслѣдствіе неодинаковости удлиненія верхняго и нижнихъ цилиндровъ, происходящей отъ нагрѣва ихъ газами разной температуры. Кромѣ того, въ кипятильникахъ вверху застаивается паръ, оттѣсняетъ воду отъ стѣнокъ, которыя вслѣдствіе этого

перегрѣваются, такъ какъ паръ плохо проводитъ теплоту. Въ устраненіе этихъ серьезныхъ недостатковъ кипятильники располагаютъ наклонно, при этомъ паръ не застаивается и свободно выходитъ въ паросборникъ, а вслѣдствіе особой обмуровки, при которой дымоходы образованы вертикальными перегородками, устранена значительная разница въ нагрѣваніи паросборника и кипятильника.

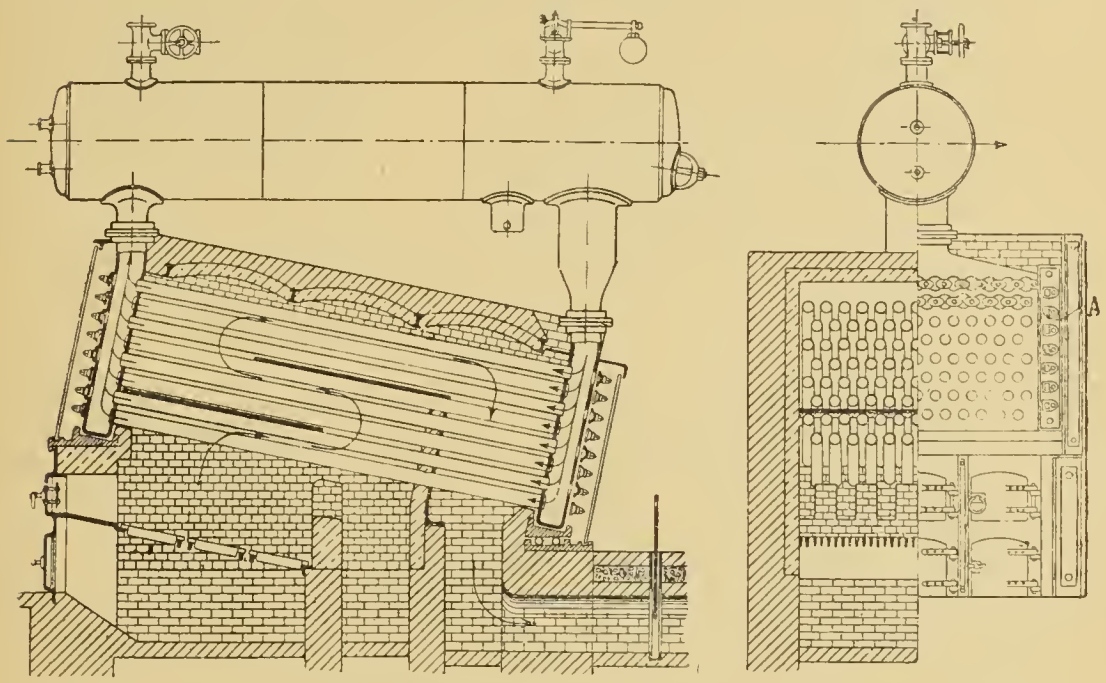
Желая еще болѣе увеличить поверхность нагрѣва, не измѣняя объемъ котла, увеличиваютъ число кипятильниковъ, уменьшая ихъ діаметръ, т.-е. замѣняютъ ихъ большимъ количествомъ трубокъ; тогда получается самый распространенный теперь видъ котла — водотрубный.



Черт. 3.

Виднѣйшими представителями водотрубныхъ котловъ являются котлы Бабкока-Вилькокса, Штейнмюллера и Фицнера-Гампера. Во всѣхъ этихъ котлахъ слабо наклоненныя къ горизонту трубки входятъ обоими концами въ особыя коробки — камеры или коллекторы, въ стѣнкахъ которыхъ и укрѣпляются вальцеваніемъ (черт. 2, 4 и 5); въ противоположныхъ стѣнкахъ камеръ имѣются отверстія, закрываемыя крышками, служащія для очистки трубъ и постановки новыхъ. Трубки расположены въ шахматномъ порядкѣ. Въ то время, какъ въ котлѣ Штейнмюллера и Фицнера-Гампера камеры цѣльныя, въ котлѣ Бабкока-Вилькокса онѣ состоятъ изъ нѣсколькихъ узкихъ отдѣльныхъ волнообразныхъ коробокъ, принимающихъ трубки только двухъ сосѣднихъ вертикальныхъ рядовъ (черт. 3). Цѣльныя камеры имѣютъ большія плоскія стѣнки, которыя во избѣжаніе выпучиванія подъ давленіемъ пара должны быть скрѣплены между собою болтами—связями, ввинчиваемыми въ стѣнки камеры. Это усложняетъ устройство и дѣлаетъ его жесткимъ. Камеры соединяются съ паросборникомъ особыми промежуточными частями или въ видѣ горловинъ (Штейнмюллеръ), или въ видѣ ряда трубокъ (Бабкокъ и В.), или же въ видѣ одной широкой трубы (Фицнеръ и Гамперъ — задняя камера). Въ виду большой чувствительности водотрубныхъ котловъ къ вліянію накипи, осаждающейся на стѣнкахъ кипятильныхъ трубокъ и вызывающей перегрѣвъ таковыхъ, снабжаютъ котлы грязевиками—дополнительные нижніе цилиндры, соединенные съ задними камерами. Вода, проходя изъ паросборника въ заднюю камеру и поворачивая въ трубки, вслѣдствіе рѣзкаго измѣненія направле-

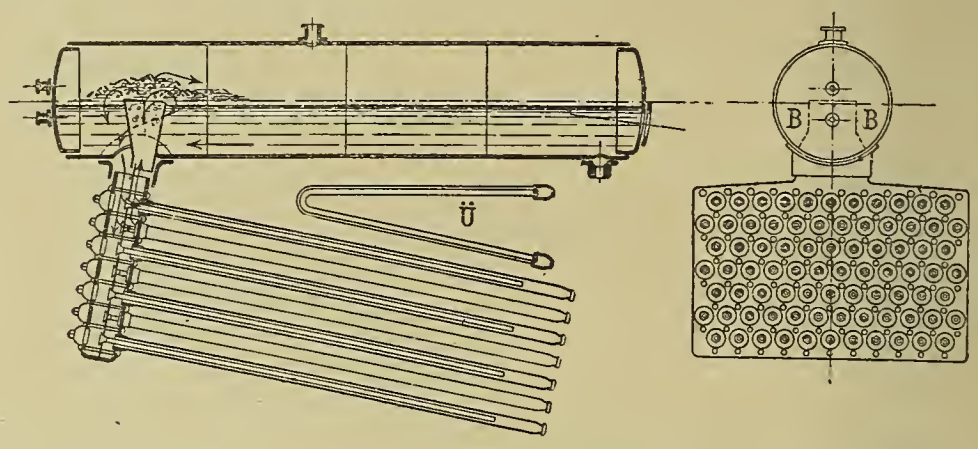
нія движенія, теряетъ тяжелыя минеральныя частицы, которыя и опускаются въ грязевикъ. Вслѣдствіе слабаго нагрѣванія паросборника сравнительно съ кипятильными трубками приходятъ въ разстройство мѣста укрѣпленія послѣднихъ, что особенно сказывается при энергичной форсированной работѣ котла. Этимъ недостаткомъ не обладаютъ котлы однокамерные. Представителемъ этого типа служитъ котелъ Дюрра (черт. 6 и 7). Водяная камера — цѣльная, раздѣлена вертикальной перегородкой на двѣ части; кипятильныя трубки укрѣплены вальцеваніемъ въ задней



Черт. 4 и 5. Котелъ Штейнмюллера.

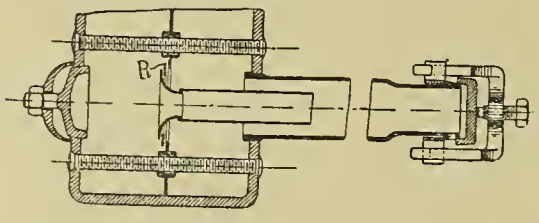
стѣнкѣ камеры; другіе же концы закрыты крышками; внутри этихъ трубокъ помѣщены трубки меньшаго діаметра, открытыя съ обоихъ концовъ, при чемъ спереди онѣ укрѣпляются въ перегородкѣ камеры. Вода, поступая изъ паросборника въ переднюю часть камеры, проходитъ во внутреннія трубки, выходитъ черезъ задніе концы ихъ въ кипятильныя трубки, нагрѣвается тамъ, поднимаясь по кольцевому пространству и уходя въ заднюю половину камеры, а оттуда въ паросборникъ. Подобная комбинація трубокъ была впервые примѣнена Фильдомъ въ небольшихъ вертикальныхъ котлахъ его имени. Въ дѣйствительности движеніе воды, т.-е. циркуляція, не происходитъ столь правильно; получаются серьезныя уклоненія, вліяющія на величину парообразованія. Дымоходы въ разсмотрѣнныхъ типахъ образованы пере-

городками, поставленными въ нѣсколькихъ мѣстахъ или перпендикулярно къ трубкамъ (Бабкокъ и В.), или параллельно (Штейнмюллеръ); газы, проходя въ промежутки между трубками, разбиваются на отдѣльныя струи, хорошо охватывающія стѣнки трубокъ, и энергично передаютъ имъ теплоту.



Черт. 6 и 7. Котелъ Дюрра.

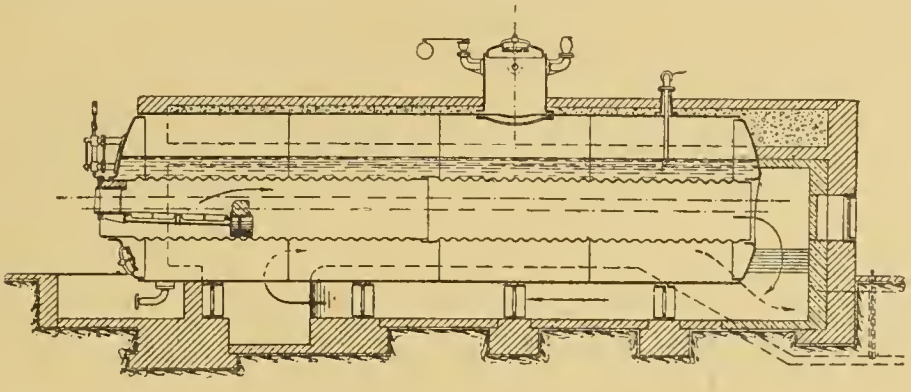
Главныя преимущества водотрубныхъ котловъ заключаются въ слѣдующемъ: 1) при маломъ объемѣ даютъ большую поверхность нагрѣва; 2) вслѣдствіе небольшихъ діаметровъ составныхъ частей возможно получать паръ значительнаго давленія, пригодный для машинъ многократнаго расширенія; 3) быстрота разводки паровъ; 4) сравнительная безопасность при взрывѣ, такъ какъ послѣдній рѣдко сопровождается полнымъ разрушеніемъ котла, а чаще все ограничивается разрывомъ кипятильныхъ трубокъ. Къ недостаткамъ можно отнести: 1) полученіе сырого пара, 2) неспособность удовлетворять быстрое измѣненіе расхода пара, 3) сложность устройства, 4) бо́льшая стоимость, 5) болѣе сложный уходъ.



Черт. 8. Укрѣпленіе трубокъ въ котл Дюрра.

Въ разсмотрѣнныхъ ранѣе конструкціяхъ топка помѣщается подъ котломъ; стѣнки ея, хотя и сдѣланы изъ плохихъ проводниковъ тепла, все же много отдаютъ теплоты наружному воздуху, что составляетъ прямую потерю для парообразованія; если же помѣстить топку внутри котла, то этой потери не будетъ, и, кромѣ того, увеличится поверхность нагрѣва. Къ такимъ типамъ принадлежатъ котлы съ жаровыми трубами. Въ цилиндрѣ

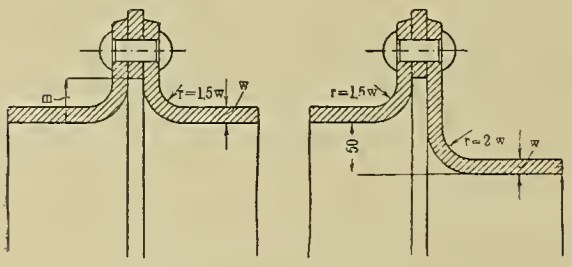
большого діаметра проходитъ по всей длинѣ труба, прорѣзываетъ днища и прикрѣпляется къ нимъ; при одной трубѣ котелъ называется корнваллійскимъ, при двухъ — ланкаширскимъ; котлы большихъ размѣровъ иногда имѣютъ и три жаровыхъ трубы. Въ этихъ трубахъ помѣщается топка; горячіе газы проходятъ сначала по трубамъ, потомъ омываютъ корпусъ котла съ боковъ, поворачиваютъ внизъ, проходятъ подъ котломъ и черезъ боровъ идутъ въ дымовую трубу (черт. 9). Жаровыя трубы дѣлаются или гладкія, или же волнистыя (черт. 9); послѣдняя конструкція пригодна для большихъ давленій пара и значительныхъ діаметровъ трубъ, такъ какъ она хорошо сопротивляется стремленію пара сплющить трубу. Нагрѣваясь самыми горячими



Черт. 9.

газами, жаровыя трубы удлиняются гораздо больше, нежели корпусъ котла, днища котораго препятствуютъ этому удлиненію, вслѣдствіе чего труба можетъ искривиться, а мѣста скрѣпленій какъ отдѣльныхъ частей трубъ между собой, такъ и съ днищемъ могутъ надломиться. Во избѣжаніе столь серьезной порчи необходимо трубу дѣлать упругой; волнистая труба будетъ сама по себѣ упруга; для приданія же этого свойства гладкимъ трубамъ примѣняютъ особые способы соединенія отдѣльныхъ звеньевъ, напримѣръ, Адамсона и Ферберна (черт. 10 и 11); не слѣдуетъ примѣнять заклепочныхъ простыхъ швовъ, быстро приходящихъ въ разстройство. Необходимо обращать серьезное вниманіе на положеніе поверхности испаренія въ котлѣ; она должна находиться не ниже 4 дюймовъ надъ жаровыми трубами, такъ какъ въ противномъ случаѣ возможно пониженіе ея настолько, что обнажатся жаровыя трубы; желѣзо, неохлаждаемое водой, быстро накалится, потеряетъ свою прочность и подъ давленіемъ пара выпучится внутрь и даже лопнетъ, что повлечетъ за собою взрывъ. Примѣненіе жаровыхъ трубъ увеличиваетъ по-

верхность нагрѣва, но еще больше таковая увеличится, если замѣнить ихъ многими трубками малаго діаметра, а топку вынести наружу; тогда получится новая конструкція — такъ называемые трубчатые котлы, имѣющіе примѣненіе и на заводахъ, и несравненно большее въ качествѣ подвижныхъ котловъ паровозныхъ, локомобильныхъ и судовыхъ, такъ какъ при очень большой поверхности нагрѣва они обладаютъ малымъ объемомъ и вѣсомъ. Главнымъ недостаткомъ всѣхъ котловъ съ внутренними трубами является затруднительность очистки отъ накипи, которая, покрывая болѣе или менѣе толстымъ слоемъ желѣзныя стѣнки, препятствуетъ теплотѣ горячихъ газовъ проникать въ воду, что вызываетъ не только ухудшеніе парообразованія, но и перегрѣвъ желѣза. Поэтому, если вода для питанія котла содержитъ много минеральныхъ примѣсей, необходимо прибѣгать къ водоочистительнымъ средствамъ. Желая воспользоваться достоинствами отдѣльныхъ конструкцій котловъ, соединяютъ ихъ часто вмѣстѣ, чѣмъ, съ другой стороны, уменьшаютъ и присущіе каждому виду въ отдѣльности недостатки. Такіе котлы называются комбинированными.



Черт. 10.

Количество получаемаго пара изъ котла зависитъ въ значительной степени отъ устройства топки, отъ степени соотвѣтствія ея конструкціи свойствамъ того топлива, которое предполагается сжигать въ котлѣ. По мѣсту расположенія топки бываютъ внутри котла, подъ котломъ и впереди котла; то или другое зависитъ какъ отъ конструкціи котла, такъ и отъ свойствъ топлива. Горячіе газы, образовавшіеся въ топкѣ, отдаютъ свою теплоту стѣнкамъ котла въ слѣдующей части всего котельнаго устройства — дымоходахъ. Газы — плохіе проводники теплоты; поэтому котелъ будетъ заимствовать теплоту только отъ той части газовъ, которая непосредственно соприкасается съ металлическими стѣнками; остальная же масса газовъ будетъ проходить въ каналахъ, не отдавая своего тепла. Въ нѣкоторыхъ котлахъ, какъ, напримѣръ, водотрубныхъ, трубчатыхъ, газы разбиваются на отдѣльныя струи, которыя хорошо охватываютъ поверхность трубокъ и энергично отдаютъ теплоту; въ другихъ же, какъ, напр., въ котлахъ съ кипятильниками, съ

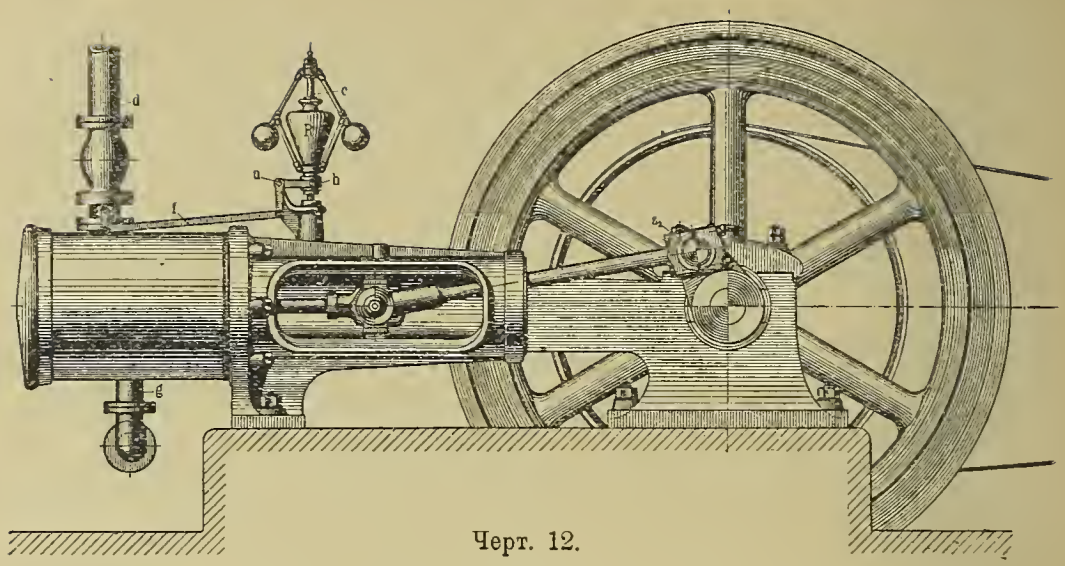
Черт. 11.

жаровыми трубами, газы идутъ большими массами, только незначительная часть конхъ непосредственно соприкасается со стѣнками котла. Въ такихъ случаяхъ необходимо устраивать какія-либо приспособленія въ видѣ, напримѣръ, выступовъ стѣнокъ, отклоняющихъ арокъ, которыя отводили бы газы отъ принятаго направленія, удаляли бы уже охлажденные отъ стѣнокъ котла и, наоборотъ, подводили бы болѣе горячіе газы, т.-е. способствовали бы перемѣшиванію газовъ. Вообще, надо избѣгать широкихъ каналовъ, гдѣ газы движутся медленно, и ограничивать ширину только возможностью очистки ихъ отъ сажи. Длинѣ дымоходовъ придаютъ такіе размѣры, чтобы газы успѣли охладиться до требуемой температуры 250 — 300° Ц. Обмуровка дымоходовъ производится изъ простого кирпича, и только въ мѣстахъ наибольшаго нагрѣва дѣлается облицовка изъ огнеупорнаго кирпича. Во избѣжаніе растрескиванія стѣнокъ обмуровки ихъ скрѣпляютъ желѣзными балками, стягиваемыми болтами. Въ концѣ котла дымоходы переходятъ въ боровъ — каналъ, соединяющій дымоходы съ дымовой трубой. Дымовая труба производитъ тягу въ котлѣ, т.-е. движеніе воздуха снаружи въ топку, а потомъ газовъ по дымоходамъ и далѣе по самой трубѣ въ верхніе слои атмосферы.

Литература: *Боровичъ*, Паровые котлы. *Войславъ*, Уходъ за котлами и машинами. Ц. 1 р. *Завалишинъ*, Паровые котлы. Ц. 1 р. 25 к. *Тильмансъ*, Подробное руководство къ установкѣ и устройству паровыхъ котловъ. *Польгаузенъ*, Паровые котлы. 7 р. 50 к. *А. П. Гавриленко*, Паровые котлы. Ц. 8 руб. *Г. Ф. Деппъ*, Паровые котлы. Ц. 3 р. *Ренцъ*, Взрывы паровыхъ котловъ. Ц. 5 р. *Вейнбергъ* Взрывы котловъ.

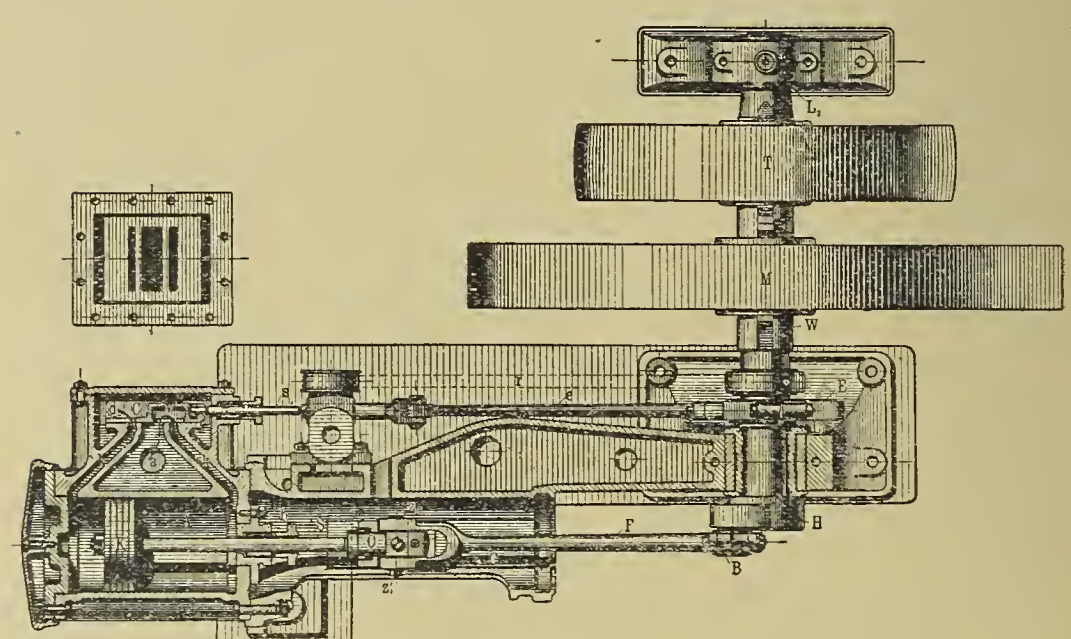
2. Паровыя машины.

Паръ, находящійся въ котлѣ подъ опредѣленнымъ давленіемъ, помощью трубы пускаютъ въ паровую машину (черт. 12 и 13); на черт. 12 конецъ трубы въ мѣстѣ соединенія ея съ машиной обозначенъ буквой *d*; машина состоитъ изъ *цилиндра A*, представленнаго на черт. 13 въ разрѣзѣ; въ цилиндрѣ помѣщается *поршень K*, который можетъ въ немъ двигаться впередъ и назадъ безъ особаго сопротивленія; при этомъ между стѣнками цилиндра и поршня нѣтъ зазора, вслѣдствіе чего поршень герметически раздѣляетъ цилиндръ на двѣ части. Съ поршнемъ соединяютъ накрѣпко *штокъ S*, проходящій черезъ отверстіе въ днѣ цилиндра; герметичность въ мѣстѣ прохожденія штока черезъ дно цилиндра достигается помощью *сальника b* тѣмъ, что въ кольцевомъ пространствѣ сальника, окружающемъ штокъ, заключается помощью крышки *b* (черт. 13) азбестовый шнуръ *(на-*



Черт. 12.

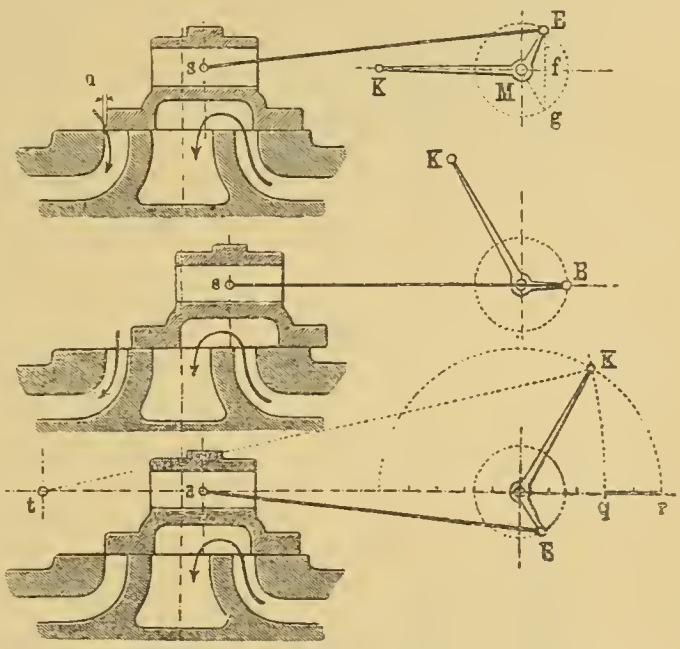
бивка сальника). Другой конецъ штока соединенъ съ *ползуномъ* Q, двигающимся въ *станинѣ* машины въ направляющихъ G прямолинейно такимъ образомъ, что ось штока во все время движенія совпадаетъ съ осью цилиндра. Съ ползуномъ Q помощью оси zz соединяется *шатунъ* P, который другимъ кон-



Черт. 13.

цомъ B надѣтъ на шипъ, укрѣпленный въ рычагѣ H; послѣдній (такъ называемый *кривошипъ*) закрѣпленъ на *валу* W машины, свободно вращающемся въ подшипникахъ L_1, L_2. Разстояніе между центрами шипа B и вала W дѣлается немного меньше $\frac{1}{2}$ разстоянія между дномъ и крышкой цилиндра. Если дви-

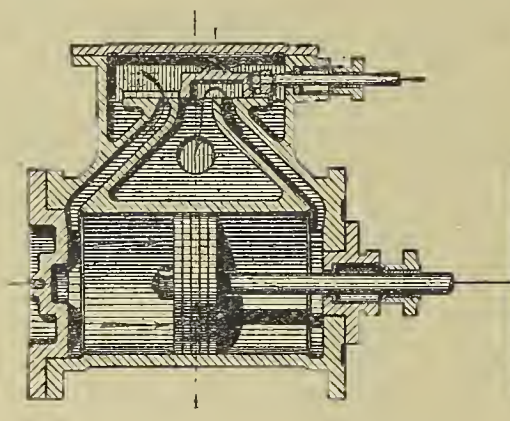
гать поршень впередъ и назадъ съ нѣкоторымъ усиліемъ P, то усиліе это передается черезъ шатунъ на кривошипъ и заставляетъ вращаться валъ; чтобы валъ вращался, когда поршень находится въ крайнихъ положеніяхъ, когда штокъ, шатунъ и кривошипъ находятся на одной прямой линіи (такое положеніе называется *мертвымъ положеніемъ*), вслѣдствіе чего усиліе P на поршень не можетъ повернуть валъ, насаживаютъ на валъ тяжелое колесо M *(маховое колесо)*, которое своей инерціей выводитъ поршень изъ мертваго положенія и такимъ образомъ дѣлаетъ возможнымъ постоянное вращеніе вала машины. На валу имѣется еще *шкивъ* T съ ремнемъ (черт. 12), помощью котораго передается работа силы P, дѣйствующей на поршень.



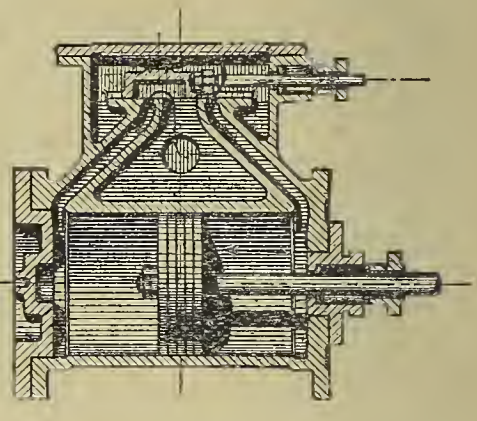
Черт. 14.

Сила P на поршнѣ получается отъ давленій пара; для этого устроены два канала k (черт. 13), сообщающіе полости цилиндра съ *паровой коробкой* C, къ которой присоединяется паровая труба отъ котла въ мѣстѣ d; паровая коробка крышкой отдѣляется отъ наружной среды; внутри коробки C помѣщается подвижная коробочка V (такъ называемый *золотникъ*), открытая съ одной стороны, и прилегающая этой стороной къ плоскости, гдѣ заканчиваются паровые каналы k; ширина золотника внутри (взятая поперекъ цилиндра) равна или немного больше ширины каналовъ; поэтому, если золотникъ перекроетъ одинъ изъ каналовъ, то соотвѣтствующая сторона цилиндра разобщается отъ полости паровой коробки, а слѣдовательно, и отъ котла; длина же золотника (внутри) берется такой, чтобы нельзя было перекрыть полостью золотника одновременно оба канала. Между отверстіями каналовъ k на *зеркалѣ золотника* (такъ назыв. плоскость, гдѣ расположены отверстія каналовъ въ паровой коробкѣ) имѣется еще одно отверстіе, сообщающееся съ полостью a (черт. 13), къ которой присоединяется труба g (черт. 12), открытая наружу; черезъ полость золотника

каналъ цилиндра можетъ быть соединенъ съ полостью *a*, а черезъ нее съ наружной атмосферой. Золотникъ получаетъ движеніе отъ вала помощью *эксцентрика E*, эксцентриковой тяги *e* и штока *s* (черт. 13 и 16).

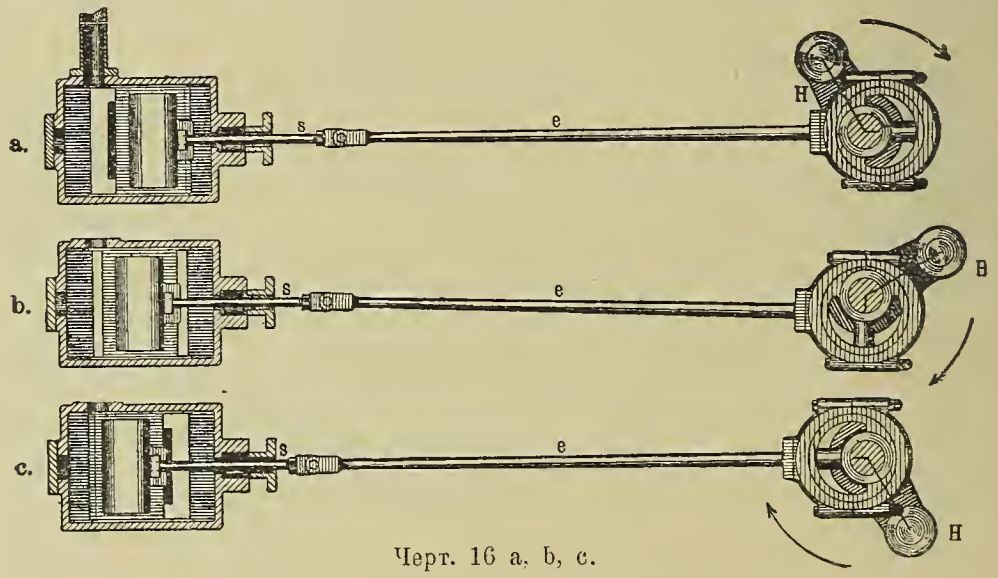


Черт. 15.



Черт. 17.

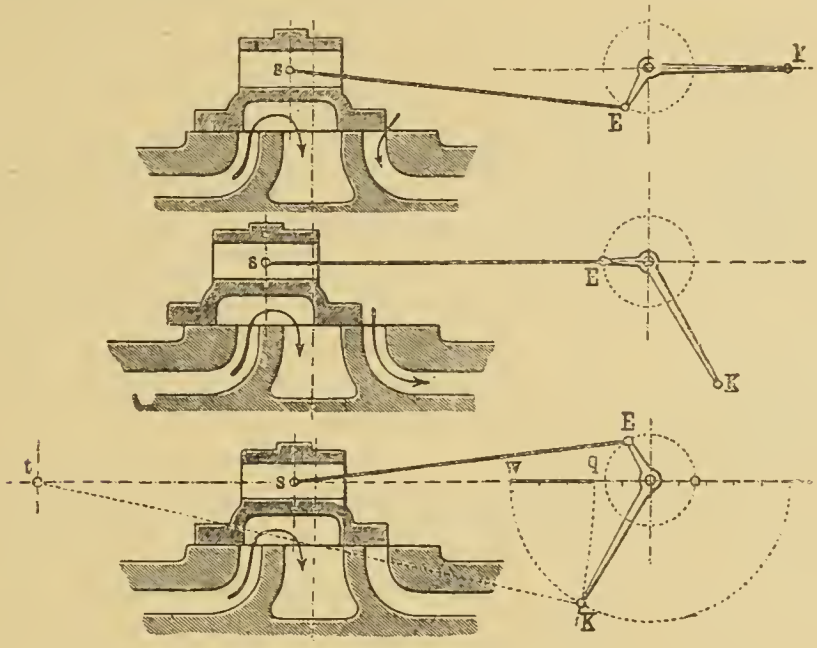
Разсмотримъ дѣйствіе пара въ паровой машинѣ; когда поршень стоитъ въ крайнемъ лѣвомъ положеніи, золотникъ открываетъ сообщеніе съ цилиндромъ; лѣвый каналъ открытъ на небольшую величину (черт. 14, верхняя фигура); *MK* даетъ положеніе кривошипа, *ME* — эксцентрика. При вращеніи машины



Черт. 16 a, b, c.

по часовой стрѣлкѣ эксцентрикъ *E* будетъ передвигать золотникъ далѣе направо, отчего отверстіе лѣваго канала (*окно* золотниковаго зеркала) будетъ увеличиваться. Котельный паръ съ самаго начала движенія поршня слѣва направо заполняетъ лѣвую полость цилиндра и производитъ давленіе на поршень; зо-

лотникъ устроенъ такъ, что при сообщеніи съ котломъ лѣвой части цилиндра, правая его часть черезъ полость золотника удаляется наружу; давленіе въ правой части цилиндра равняется поэтому приблизительно давленію атмосферы, вслѣдствіе чего образуется избыточное давленіе на поршень, направленное слѣва направо. Когда эксцентрикъ займетъ крайнее правое положеніе (черт. 14, средняя фигура, черт. 15 и 16*a*), то это положеніе будетъ соотвѣтствовать наибольшему открытію окна; при дальнѣйшемъ движеніи машины золотникъ начнетъ двигаться въ сторону закрытія, приходя, наконецъ, въ положеніе, указанное

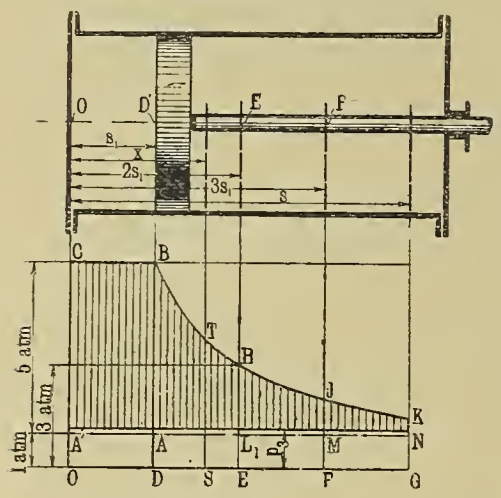


Черт. 18.

на черт. 14 (нижняя фигура), соотвѣтствующее разобщенію лѣвой полости цилиндра отъ котла; это положеніе называется *отсѣчкой пара*. При дальнѣйшемъ движеніи поршня до конца золотникъ все время движется налѣво, сохраняя все время разобщеніе котла отъ лѣвой полости цилиндра; при положеніи поршня въ правомъ крайнемъ положеніи лѣвый каналъ будетъ открытъ для выпуска пара наружу, отработавшаго въ лѣвой части цилиндра (черт. 18, верхняя фигура). При дальнѣйшемъ движеніи поршня справа налѣво начинается рабочій процессъ въ правой части цилиндра, который, аналогично предыдущему, легко прослѣдить по прилагаемымъ чертежамъ.

Чтобы представить себѣ рабочій процессъ машины, удобно пользоваться графическимъ изображеніемъ. Для этого возьмемъ двѣ прямоугольныя оси OC и OG (черт. 19) и отложимъ на вер-

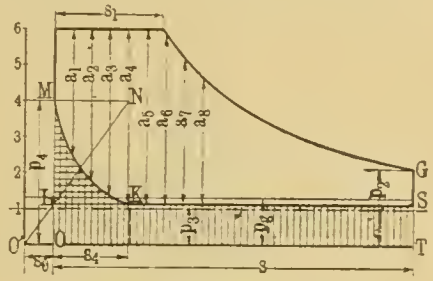
тикальной оси давленіе пара на поршень въ видѣ отрѣзковъ опредѣленной длины, а на горизонтальной оси объемы, описанные поршнемъ, начиная отъ крайнихъ положеній. При вступленіи пара въ цилиндръ давленіе его приблизительно равно давленію въ котлѣ. Положимъ, что паръ поступаетъ въ лѣвую сторону цилиндра, поршень которой находится у самой крышки. Если давленіе поступающаго пара 6 атмосферъ, то соотвѣтствующая точка на діаграммѣ (черт. 19) «*c*» должна лежать на 6 дѣленій выше нуля давленій надъ нулевой точкой линіи объемовъ. Положимъ, что при движеніи поршня вправо паръ все время поступаетъ въ цилиндръ изъ котла, при этомъ давленіе будетъ оставаться одно и то же, а объемъ увеличиваться до тѣхъ поръ, пока не произойдетъ отсѣчка. Поэтому мы должны на діаграммѣ (черт. 19) провести прямую горизонтальную линію $C-B$; разстояніе этой линіи отъ горизонтальной оси будетъ изображать давленіе, а длина — объемъ, описанный поршнемъ.



Черт. 19.

Послѣ отсѣчки происходитъ увеличеніе объема пара, заключеннаго въ цилиндрѣ — *расширеніе пара;* увеличеніе объема влечетъ за собой уменьшеніе давленія; при расширеніи зависимость между давленіемъ и объемомъ слѣдуетъ довольно точно закону обратной пропорціональности: $p.v = A$, гдѣ A — постоянная величина, равная произведенію давленія p_1 на объемъ v_1 въ началѣ расширенія; когда, напр., поршень изъ положенія D (черт. 19), соотвѣтствующему началу расширенія, перемѣстится въ E, гдѣ объемъ OE въ два раза больше OD, то давленіе въ E сдѣлается въ два раза меньше, чѣмъ въ D; когда поршень дойдетъ до праваго крайняго положенія, то давленіе пара упадетъ до величины $GK = OC.\frac{OG}{OD}$. При обратномъ движеніи поршня давленіе пара слѣва поршня будетъ оставаться постояннымъ, немного больше атмосфернаго до тѣхъ поръ, пока не произойдетъ закрытіе выпуска; тогда паръ, оставшійся въ цилиндрѣ, будетъ сжиматься, давленіе все время до конца хода будетъ возрастать сообразно кривой KM на черт. 20. Кривыя измѣненія давленій пара въ цилиндрѣ: впуска, расширенія, выпуска и сжатія обра-

зуютъ въ совокупности фигуру, называемую *индикаторной діаграммой* машины. Площадь индикаторной діаграммы даетъ работу пара въ теченіе одного хода; обозначимъ площадь индикаторной діаграммы черезъ F_i, основаніе ея черезъ S (черт. 20), тогда средняя ордината индикаторной діаграммы: $p_i = \frac{F_i}{S}$ — называется *среднимъ индикаторнымъ давленіемъ*. Если условиться выражать давленія пара въ атмосферахъ (1 техническая атмосфера = давленію 1 килограмма на площадь = 1 квадратному сантиметру) и обозначить площадь поршня черезъ f кв. сант., то среднее усиліе на поршень = $= p_i . f$; обозначимъ *ходъ поршня* (путь, проходимый поршнемъ отъ одного до другого крайняго положенія) черезъ L (въ метрахъ); работа пара за 1 ходъ $= p_i . f . L$ килограммо-метровъ; за одинъ оборотъ вала работа $= 2 . p_i . f . L$; скорость движенія машины принято выражать числомъ оборотовъ вала въ 1 минуту; если число оборотовъ $= n$ въ 1 минуту, то работа въ одну секунду $= \frac{2 p_i f L n}{60}$ килограммо-метровъ. Мощность машины принято выражать работой одной лошади въ 1 секунду — такъ называемой работой одной *лошадиной силы* = 75 килограммометровъ въ 1 секунду; слѣдовательно, работа паровой машины $N_i = \frac{p_i . f . L . n}{30.75}$ лошадиныхъ силъ — *индикаторная работа машины*. На валу машины работа ея N_e *(дѣйствительная работа)* меньше N_i на величину всякаго рода треній, которыя долженъ преодолѣть механизмъ машины.



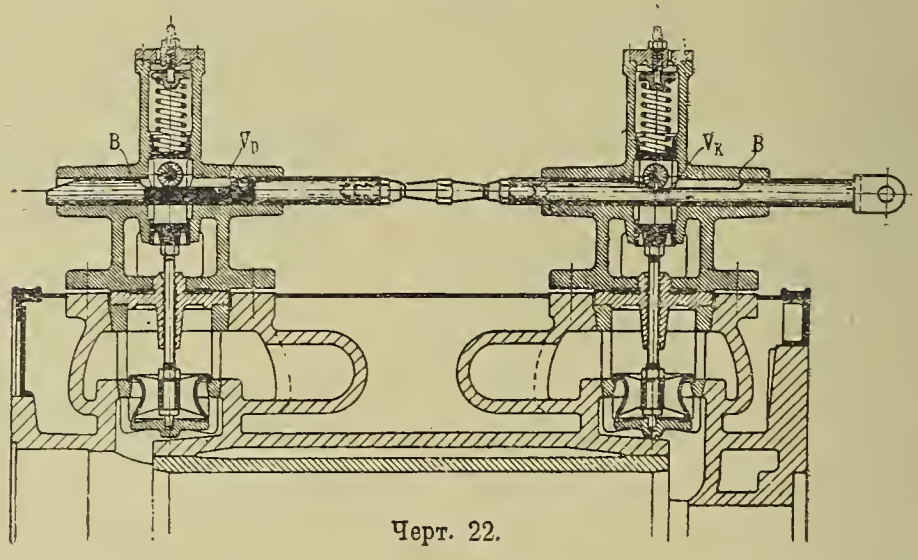
Черт. 20.

Черт. 21.

Описанная въ предыдущемъ паровая машина представляетъ собою самый простой типъ машины: одноцилиндровая съ распредѣленіемъ пара простымъ золотникомъ. Дѣйствія простого золотника не вполнѣ удовлетворительны для правильнаго пораспредѣленія, когда желаютъ сдѣлать малое наполненіе цилиндра. Поэтому распредѣленіе пара стали производить двойными золотниками. Устройство двойного золотника (черт. 21) заключается въ томъ, что по золотнику a, открывающему паровпускные каналы въ цилиндръ, движется второй зо-

лотникъ *в*, назначеніе котораго только производить впускъ пара. На долю нижняго золотника выпадаетъ выпускъ пара, сжатіе и начало впуска. Второй верхній золотникъ, или, какъ его называютъ, расширительный, приводится въ дѣйствіе отъ особаго эксцентрика, сидящаго на валу рядомъ съ первымъ.

На черт. 23 показано *крановое* распредѣленіе, представляющее лишь видоизмѣненіе плоскаго золотника въ томъ, что въ немъ зеркалу и золотнику придана цилиндрическая форма; золотникъ получаетъ колебательное движеніе около своей оси; въ большинствѣ случаевъ устраиваютъ четыре крана: верхніе управляютъ впускомъ, нижніе — выпускомъ.



Черт. 22.

Клапанное распредѣленіе (черт. 22) состоитъ изъ клапана (обыкновенно двухопорнаго, какъ на прилагаемомъ черт.), укрѣпленнаго на стержнѣ; вверху стержень имѣетъ роликъ; стержень $B-B$ имѣетъ два выступа V_K и V_D, служащихъ для подъема клапановъ; движеніе стержня $B-B$ производится механизмомъ эксцентрика, аналогично распредѣленію простымъ золотникомъ, описаннымъ раньше. При расположеніи на черт. 22 и при предположеніи, что стержень $B-B$ движется вправо, будетъ совершонъ подъемъ праваго клапана выступомъ V_K и впускъ пара въ правую сторону цилиндра; вскорѣ послѣ этого стержень $B-B$ мѣняетъ ходъ на обратный, роликъ сходитъ съ выступа V_K; произойдетъ отсѣчка; при дальнѣйшемъ движеніи стержня $B-B$ налѣво выступъ V_D подойдетъ къ ролику лѣваго клапана и совершится впускъ въ лѣвую часть цилиндра. Выпускъ производится другими двумя клапанами, расположенными внизу цилиндра. Устройство парораспредѣлительнаго органа въ видѣ четырехъ органовъ, отдѣльно для впуска и выпуска, позво-

ляетъ сдѣлать управленіе ихъ независимымъ одно отъ другого и выполнить наиболѣе раціонально всѣ части индикаторной діаграммы. Кромѣ этого, благодаря устройству четырехъ органовъ парораспредѣленія поверхность паровыхъ каналовъ можетъ быть значительно уменьшена, чѣмъ достигается большая экономичность работы пара (см. объ этомъ ниже).

Экономичность работы пара оцѣнивается количествомъ пара, израсходованнымъ на работу машины; принято выражать расходъ пара количествомъ его, потраченнымъ на работу одной лошадиной силы въ теченіе одного часа. Расходъ пара G_i состоитъ изъ трехъ частей: *полезнаго расхода* G_i', *потери отъ начальной конденсаціи* G_i'' и *потери отъ неплотностей* G_i''':

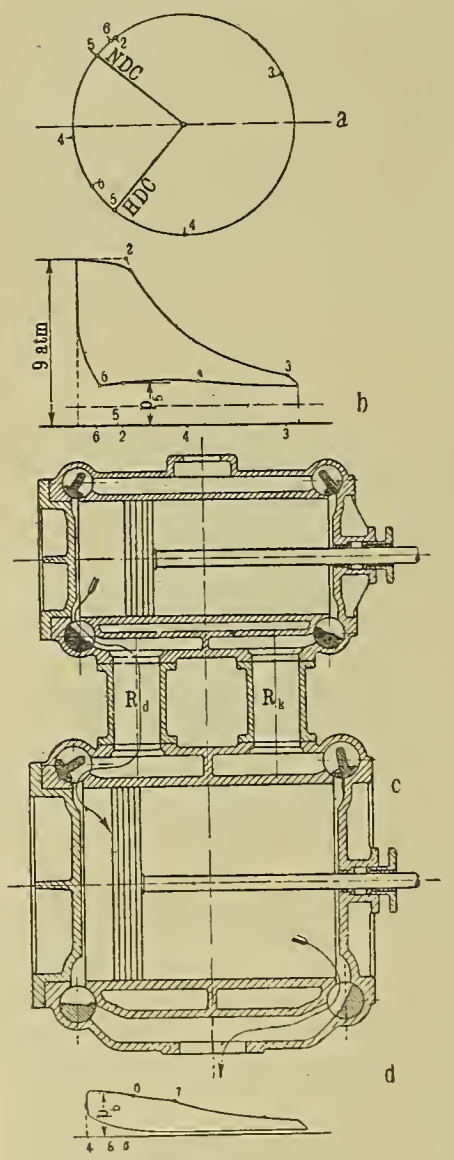
$$G_i = G_i' + G_i'' + G_i'''.$$

Полезный расходъ G_i' равенъ вѣсу пара, заключеннаго въ цилиндрѣ въ моментъ отсѣчки; потеря G_i'' происходитъ оттого, что свѣжій паръ при впускѣ въ цилиндръ омываетъ стѣнки цилиндра, охлажденныя во время предшествовавшаго выпуска холоднымъ отработаннымъ паромъ; стѣнки цилиндра при соприкосновеніи со свѣжимъ паромъ при впускѣ подогрѣваются за счетъ охлажденія свѣжаго пара; послѣдній же при охлажденіи обращается въ воду, уносимую наружу при выпускѣ; явленіе охлажденія пара при впускѣ называется *начальной конденсаціей*.

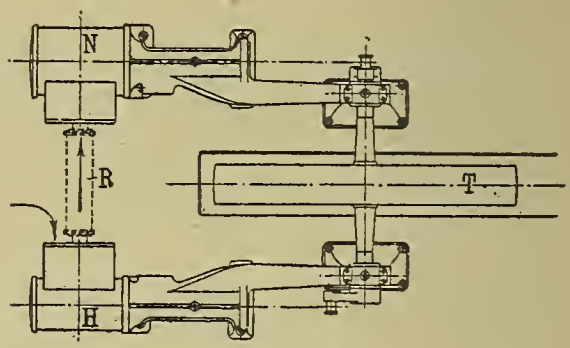
На послѣдующей таблицѣ *A* приведены расходы пара G_i' (въ килогр.) для давленій впуска $p = 6$, 8 и 10 атмосферъ, для различныхъ величинъ наполненій цилиндра (см. обозначенія черт. 20).

Наполненіе $\frac{S_1}{S} =$	0,5	0,3	0,15	0,10	
$p =$ 6 атм.	11,4	9,6	9,0	9,4	A. Машины безъ конденсатора.
= 8 атм.	10,6	8,7	7,7	8,0	
= 10 атм.	10,1	8,2	7,1	6,9	
$p =$ 6 атм.	9,5	7,7	6,4	5,9	B. Машины съ конденсаторомъ.
= 8 атм.	9,3	7,5	6,2	5,7	
= 10 атм.	9,1	7,3	6,0	5,6	

Машина, описанная въ предыдущемъ, у которой отработанный паръ выпускался въ атмосферу, не обладаетъ достаточной экономичностью; она примѣняется въ рѣдкихъ случаяхъ; повысить экономичность работы пара можно достигнуть тѣмъ, что отработанный паръ выпускаютъ въ особый сосудъ, куда поступаетъ вода въ видѣ тонкихъ струекъ; паръ смѣшивается съ водой (температура которой берется значительно ниже температуры отработаннаго пара) и обращается въ воду, вслѣдствіе чего давленіе въ сосудѣ, называемомъ *конденсаторомъ*, можетъ быть значительно понижено, удаляя помощью насоса воду, введенную для охлажденія пара, и паръ, обращенный въ воду. При этомъ работа машины увеличится почти на всю величину площади, заштрихованной на черт. 20, а потому расходъ пара G_i' уменьшится. Выше, на таблицѣ B, приведены расходы пара G_i' для машины, работающей съ конденсаторомъ. Потеря отъ начальной конденсаціи G_i'' можетъ быть найдена изъ выраженія:



Черт. 23.



Черт. 24.

$$G_i'' = \frac{5{,}5}{\sqrt{C}},$$

гдѣ $C = \frac{S \cdot n}{30}$ — средняя скорость поршня въ метрахъ въ сек.

S — ходъ поршня въ метрахъ,

n — число оборотовъ вала машины въ 1 минуту.

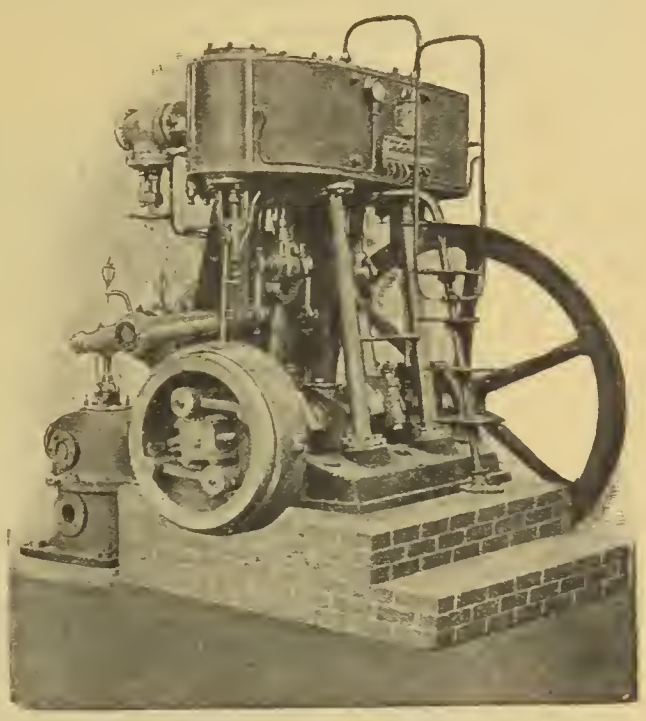
Напр., при $C = 2{,}0$ метр. (секунду) $G_i'' = 3{,}9$ килограмма.

Чтобы уменьшить потерю G_i'', примѣняютъ два средства:

I. перегрѣваютъ свѣжій паръ;

II. примѣняютъ *машины многократнаго расширенія.*

На черт. 23 показано въ схемѣ устройство машины двойного расширенія: паръ изъ котла поступаетъ сначала въ меньшій цилиндръ, работаетъ въ немъ, какъ въ одноцилиндровой; отработанный паръ поступаетъ въ большой цилиндръ, отработанный паръ котораго выпускается въ конденсаторъ; индикаторныя діаграммы обоихъ цилиндровъ приведены на черт. 23. Малый цилиндръ называется *цилиндромъ высокаго давленія*, большой — *цилиндромъ низкаго давленія*. Оба цилиндра имѣютъ свои шатунные механизмы, связанные съ общимъ валомъ (черт. 24). Потеря отъ начальной конденсаціи машины двойного расширенія $G_i'' = \frac{3{,}75}{\sqrt{C}}$, она уменьшается по сравненію съ одноцилиндровой почти на 30%.

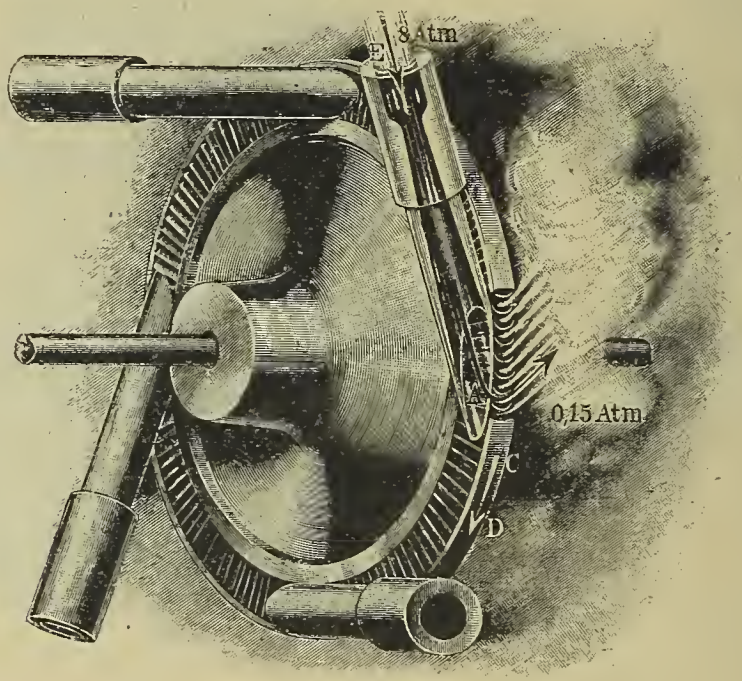


Черт. 25. Вертикальная машина—компаундъ.

Машина двойного расширенія называется *компаундъ*, если цилиндры ея расположены рядомъ, какъ на черт. 24 и 25; если же цилиндры находятся одинъ сзади другого, то машина называется *тандемъ*.

Турбины. Въ послѣднее время громадное значеніе пріобрѣли паровыя турбины, благодаря необыкновенной экономичности ихъ работы (въ турбинахъ большой мощности); въ поршневыхъ машинахъ, работающихъ наиболѣе экономично, полный расходъ пара равенъ 4,5 килогр. на одну дѣйствительную лошадиную силу въ часъ; въ турбинахъ большой мощности (4.000 лошадиныхъ силъ) расходъ пара составляетъ около 3,8 килогр.

На черт. 26 показано наиболѣе простое устройство турбины; она состоитъ изъ колеса *C*, снабженнаго по окружности искривленными *лопатками*; къ лопаткамъ подводится паръ по трубѣ *E*; паръ, вытекая изъ трубы *E* со значительной скоростью, поступаетъ въ колесо; протекаетъ между лопатками его искривленными струями, и оказываетъ на колесо давленіе, вращающее колесо по стрѣлкѣ *D*. Колесо помѣщается въ кожухѣ, соединенномъ съ конденсаторомъ. На примѣрѣ черт. 26 паръ поступаетъ съ давленіемъ 8 атмосферъ и расширяется въ трубѣ *E* до давле-



Черт. 26.

нія въ конденсаторѣ, равнаго 0,15 атмосферы, при этомъ скорость пара при выходѣ получаетъ очень большое значеніе (около 1.000 метровъ въ секунду), вслѣдствіе чего колесо должно вращаться съ большой скоростью (отъ 10.000 до 20.000 въ минуту); чтобы понизить число оборотовъ вала турбины, надѣваютъ на валъ нѣсколько колесъ и пропускаютъ паръ послѣдовательно черезъ нихъ.

Литература. *Шолль.* Спутникъ машиниста. Ц. 2 р. *Польгаузенъ, А.* Паровыя машины. 1911. Ц. 8 р. *Кондратьевъ, А.* Курсъ паровыхъ машинъ. 1901 г. Ц. 4 р. *Хедеръ, Г.* Паровыя машины. Перев. проф. А. Сидоровъ. 1902. Ц. 9 р. *Гриневецкій, В.* О современныхъ локомобиляхъ. 1906. *Гриневецкій, В.* Теорія индикатора и обращеніе съ нимъ. 1902. *Зенфертъ, І.* Руководство къ изслѣдованію паровыхъ машинъ и котловъ. Пособія для практиковъ. 1908. Ц. 1 р.

Эйерманъ, В. Паровыя турбины. 1907. Ц. 3 р. 25 к. *Фармаковскій, В.*, и *Скомороховъ, А.* Паровые котлы и паровыя турбины. 1908. *Макарьевъ, Т.* Обзоръ системъ паровыхъ турбинъ и результаты ихъ примѣненія. 1908. Ц. 1 р. 75 к. *Яковлевъ, Д.* Утилизація отработаннаго пара въ турбинахъ низкаго давленія. 1909.

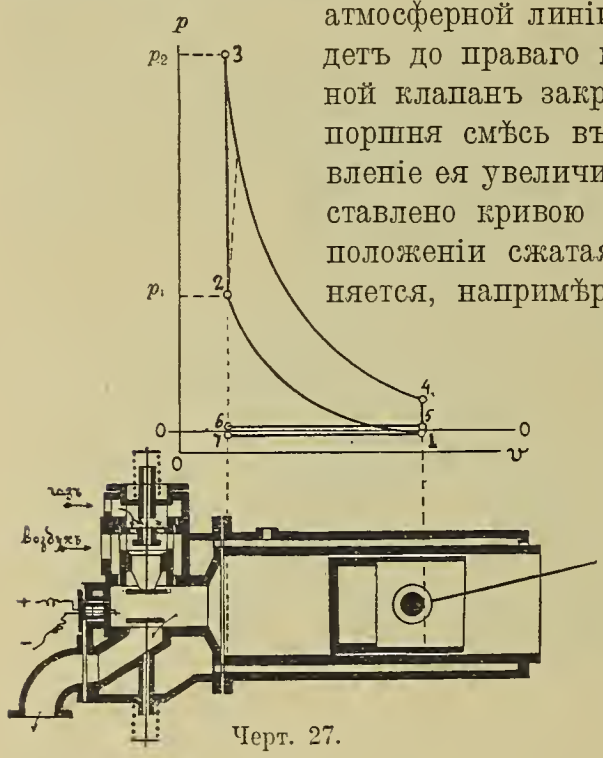
3. Газовые, нефтяные и другіе двигатели внутренняго сгоранія.

Продукты сгоранія горючихъ веществъ какъ движущая сила. Если помѣстить горючій газъ (напр., свѣтильный) вмѣстѣ съ воздухомъ въ закрытомъ сосудѣ, то смѣсь газа и воздуха, будучи зажжена, воспламеняется; послѣднее носитъ характеръ взрыва, сопровождающагося повышеніемъ давленія и температуры и притомъ тѣмъ въ большей степени, чѣмъ больше первоначальное давленіе и чѣмъ ближе составъ смѣси газа и воздуха подходитъ къ тому, при которомъ происходитъ *полное сгораніе* газа, когда газъ и воздухъ полностью расходуются на горѣніе. На слѣдующей таблицѣ приведены данныя опыта, изъ которой видно, до какихъ высокихъ давленій можетъ повыситься давленіе газа послѣ сгоранія.

Объемъ газа.	Объемъ воздуха.	Начальное давленіе смѣси въ атмосф.	Давленіе послѣ сгоранія въ атмосф.
1	4,3	1	5,3
1	4,9	3,2	19,7
1	7,2	5,1	25,6

Полученные, такимъ образомъ, продукты сгоранія газа могутъ быть использованы, какъ движущая сила въ машинѣ аналогично тому, какъ используется энергія давленія пара въ паровой машинѣ, съ той, однако, разницей, что въ данномъ случаѣ сгораніе топлива производится въ цилиндрѣ самой машины; отъ этого машины эти называются *машинами внутренняго горѣнія*. По роду топлива эти машины раздѣляются на газовыя, съ одной стороны, и бензиновыя, керосиновыя, спиртовыя и нефтяныя—съ другой. Попытки создать машину внутренняго горѣнія относятся ко второй половинѣ XII вѣка, когда была изобрѣтена машина, въ которой избыточное давленіе вызывалось вспышкой пороха. Однако только съ 1860 г., когда французъ Ленуаръ взялъ патентъ на практически пригодную машину для силовой утилизаціи каменноугольнаго газа, начинается дѣйствительная постройка машинъ внутренняго горѣнія.

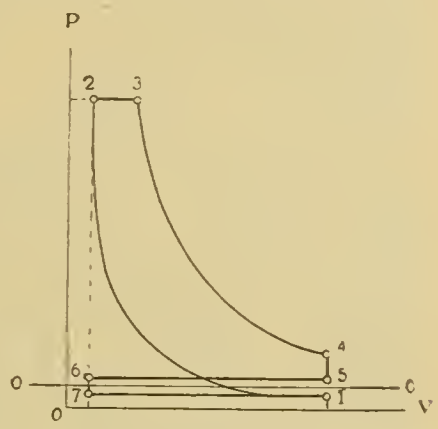
Въ современныхъ газовыхъ машинахъ рабочій процессъ протекаетъ слѣдующимъ образомъ. Газъ и воздухъ (смѣсь) въ опредѣленныхъ количествахъ, соотвѣтствующихъ условію полнаго сгоранія, поступаютъ въ машину черезъ особый клапанъ (черт. 27), устройство котораго таково, что они въ немъ перемѣшиваются. Засасываніе заряда (смѣси) обусловливается тѣмъ, что при ходѣ поршня въ правое мертвое положеніе въ цилиндрѣ получается разрѣженіе. На діаграммѣ, надъ схемой машины, засасываніе представится прямой линіей 7 — 1, лежащей ниже атмосферной линіи *o* — *o*. Когда поршень дойдетъ до праваго мертваго положенія, впускной клапанъ закроется. При обратномъ ходѣ поршня смѣсь въ цилиндрѣ сжимается, давленіе ея увеличивается и можетъ быть представлено кривою 1—2. Въ лѣвомъ мертвомъ положеніи сжатая горючая смѣсь воспламеняется, напримѣръ, при помощи электрической искры. Горѣніе смѣси происходитъ настолько быстро, что теоретически мы можемъ принять его происходящимъ безъ всякаго измѣненія объема, получаемаго отъ движенія поршня вправо. Поэтому на діаграммѣ процессъ горѣнія изобразится прямой вертикальной линіей 2—3, показывающей, насколько увеличилось давленіе въ цилиндрѣ. Этимъ давленіемъ поршень начинаетъ передвигаться вправо, при чемъ его поступательное движеніе преобразуется при помощи шатуна и кривошипа во вращательное. Во время этого движенія поршня газы расширяются, и давленіе ихъ падаетъ. Измѣненіе давленія при расширеніи представится на діаграммѣ кривой 3 —4. Въ концѣ расширенія давленіе газовъ все же выше атмосфернаго; подъ вліяніемъ этого избытка давленія газы устремляются въ выпускной клапанъ, который открывается въ это время; линія 4 — 5. При обратномъ ходѣ поршня, происходящемъ подъ дѣйствіемъ маховика, оставшіеся въ цилиндрѣ газы выталкиваются; давленіе ихъ остается все время постояннымъ, нѣсколько выше атмосфернаго; выталкиваніе изобразится на діаграммѣ прямою 5 — 6, лежащей немного выше атмосферной линіи. Затѣмъ про-



Черт. 27.

цессъ повторяется въ томъ же порядкѣ. Мы видимъ, что положительная работа производится въ машинѣ одинъ разъ на четыре хода, только во время расширенія газовъ, въ остальные ходы чередуются выталкиваніе продуктовъ горѣнія, всасываніе свѣжей смѣси и сжиганіе ея; эти три хода совершаются за счетъ живой силы маховика. Такъ какъ весь циклъ совершается въ четыре хода, то эти машины называются четырехтактными.

Во время сгоранія выдѣляется большое количество тепла, поэтому стѣнки цилиндра должны охлаждаться; для чего окружаютъ ихъ полостью, въ которой протекаетъ вода. Безъ охлажденія стѣнки могли бы накаляться докрасна и цилиндръ не выдержалъ бы тѣхъ давленій, которыя въ немъ наступаютъ; но еще раньше этого выгорѣла бы вся смазка, поршень отъ тренія остановился бы, и машина перестала бы работать. Иногда охлажденіе производятъ не водой, а воздухомъ, для чего стѣнки цилиндра съ поверхности дѣлаютъ ребристыми, напримѣръ, у нѣкоторыхъ бензиновыхъ двигателей для велосипедовъ и летательныхъ машинъ.



Черт. 28.

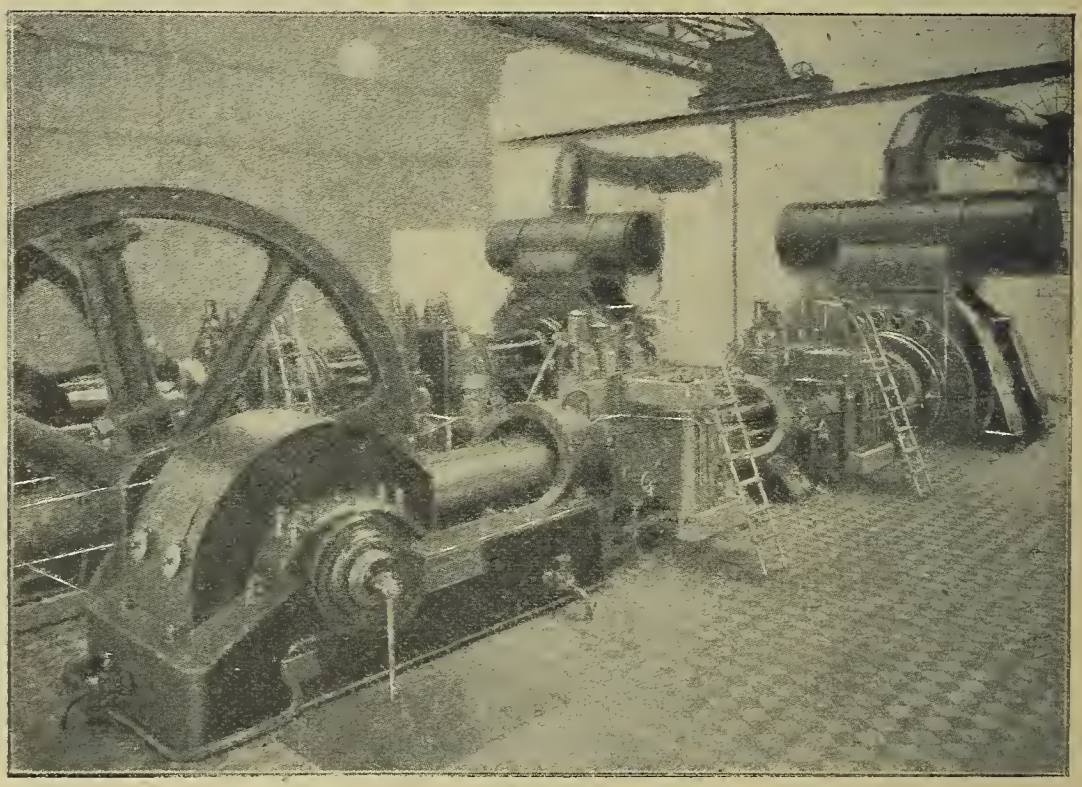
Сжиганіе топлива можно вести не только при постоянномъ объемѣ, но и при постоянномъ давленіи. Діаграмма измѣненія объема и давленія такого рабочаго процесса показана на черт. 28. Какъ видимъ, сжатіе въ этихъ машинахъ значительно выше и равняется давленію во время горѣнія. На черт. 28 горѣніе изображено прямой, горизонтальной линіей 2—3. По этому циклу машины работаютъ преимущественно нефтью и носятъ названіе по ихъ изобрѣтателю инженеру Дизелю. Практическое удобство и выгода сжиганія нефти при постоянномъ давленіи заключается въ томъ, что нефть вдувается подъ сильнымъ давленіемъ, при этомъ хорошо перемѣшивается съ воздухомъ и сгораетъ практически совсѣмъ сполна.

Кромѣ четырехтактныхъ, существуютъ еще машины двухтактныя, у которыхъ удаленіе остаточныхъ газовъ и подачу топлива совершаютъ особые насосы. Насосы ставятся рядомъ съ машиною и приводятся въ дѣйствіе отъ общаго вала, но отъ особаго кривошипа.

Регулировку скорости машинъ производятъ отъ обычнаго регулятора, который дѣйствуетъ на клапанъ или насосъ, подающій топливо. Для четырехтактныхъ машинъ различаютъ: а) ре-

гулированіе пропусками, которое достигается закрываніемъ клапана для топлива или, въ случаѣ жидкаго топлива, выключеніемъ подающаго топливо насосика; b) регулированіе измѣненіемъ подъема клапана для газа, отчего измѣняется составъ смѣси, и, наконецъ, c) регулированіе измѣненіемъ количества заряда, которое достигается бо̀льшимъ или меньшимъ мятіемъ на линіи всасыванія.

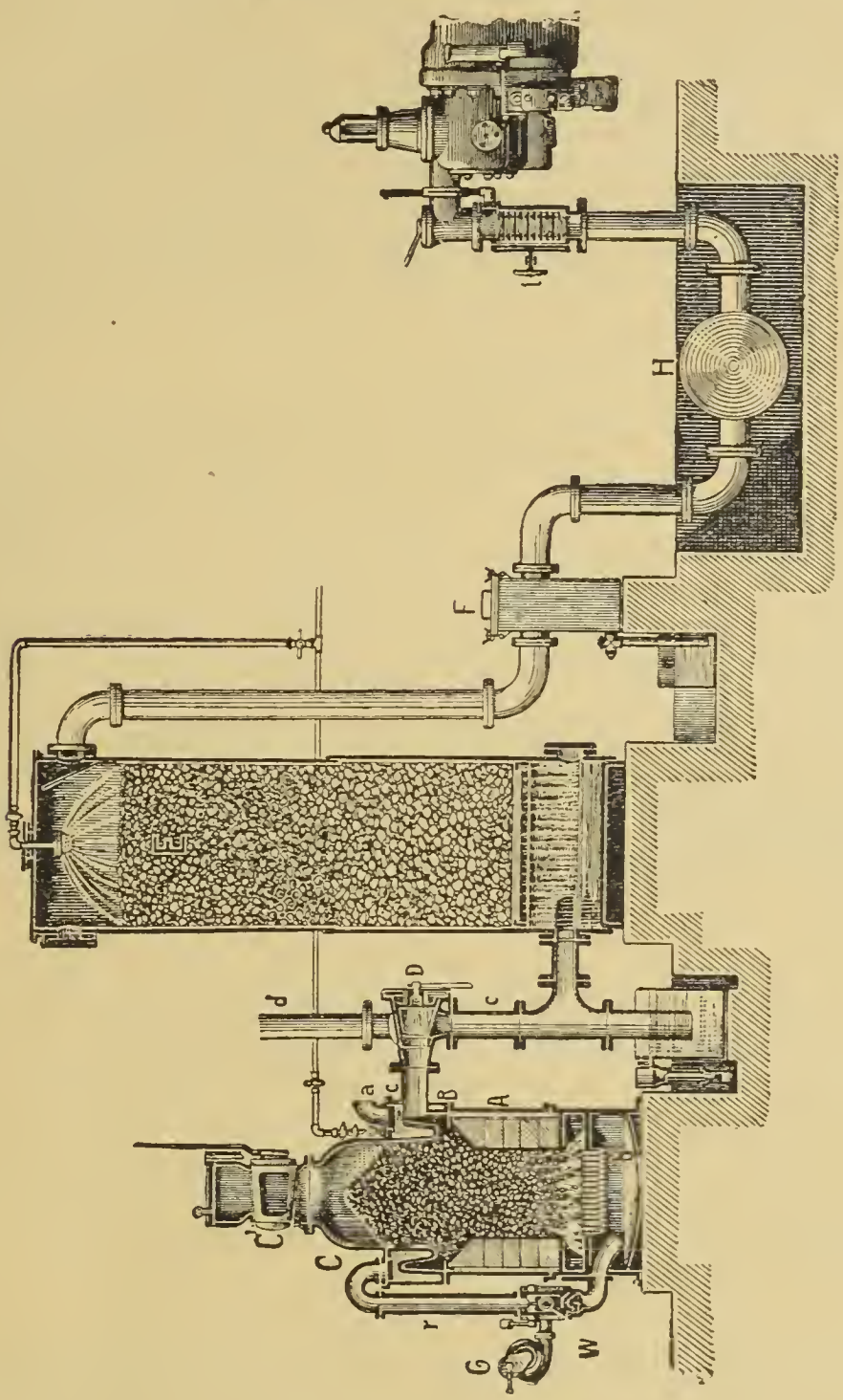
Топливомъ для машинъ внутренняго горѣнія служитъ нефть и продукты ея перегонки: бензинъ, керосинъ, газолинъ и др., за-



Черт. 29. Газовая воздуходувка.

тѣмъ спиртъ и горючіе газы. Жидкое топливо гуждается въ предварительномъ распыленіи или испареніи, такъ какъ въ капельномъ видѣ его сжечь трудно. Распыливаніе производится форсунками, конструкція которыхъ весьма разнообразна, но принципъ ихъ устройства сводится къ двумъ типамъ. Въ форсункахъ перваго типа топливо особымъ насосикомъ продавливается черезъ узкую щель и доводится до туманообразнаго состоянія, въ форсункахъ второго типа распыливаніе производится сжатымъ воздухомъ. Послѣдняя конструкція употребляется у двигателей Дизеля. Въ машинахъ съ такъ называемыми карбураторами топливо приводится въ парообразное состояніе путемъ испаренія; этотъ способъ

примѣнимъ для легкихъ горючихъ: бензина, спирта, съ нѣкоторымъ затрудненіемъ еще и для керосина.



Черт. 30. Генераторъ газа.

Для газовыхъ машинъ топливомъ служитъ: свѣтильный газъ, генераторный, доменный, газъ коксовальныхъ и смолокурен-

ныхъ печей и ацетиленъ. Самыми распространенными и выгодными для использованія являются доменный и генераторный газъ.

Доменный газъ получается, какъ побочный продуктъ выплавки чугуна изъ желѣзной руды. Газъ этотъ бѣдный по теплосодержанію, но въ обиліи выдѣляется изъ домнъ. Чтобы не терять непроизводительно этотъ газъ, въ настоящее время почти на всѣхъ заводахъ, гдѣ идетъ выплавка чугуна, устанавливаются машины внутренняго горѣнія. Работа, развиваемая этими машинами, удовлетворяетъ нужды завода съ избыткомъ, который часто продается на сторону, въ видѣ электрической энергіи. На доменномъ заводѣ работаютъ обыкновенно крупныя машины двойного дѣйствія, какъ двухтактныя (черт. 29), такъ и четырехтактныя.

Генераторный газъ спеціально добывается въ особыхъ печахъ, называемыхъ генераторами. На черт. 30 показана газогенераторная установка, въ которой сама машина тянетъ газъ, получаемый изъ генератора *A* отъ сжиганія въ немъ угля; сжиганіе ведется при недостаточномъ доступѣ воздуха, отчего продукты горѣнія при смѣшиваніи ихъ съ добавочнымъ количествомъ воздуха могутъ дать горючую смѣсь для работы въ машинѣ. Газъ до поступленія въ машину охлаждается и очищается въ скрубберѣ *E*. Скрубберъ наполненъ доверху коксомъ, и черезъ него пропускается вода мелкими брызгами. Въ генераторъ засыпаютъ обычно антрацитъ или коксъ. Для генераторовъ употребляютъ еще древесные обрѣзки и опилки или торфъ, каменный же уголь мало пригоденъ, такъ какъ онъ содержитъ много смолистыхъ веществъ, загрязняющихъ какъ очистители, такъ и самую машину.

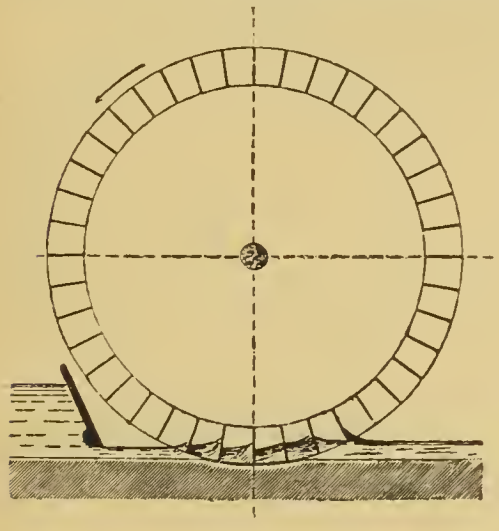
Распространеніе машинъ внутренняго горѣнія въ настоящее время очень велико. Особенное значеніе въ промышленности получили мелкія машины, благодаря ихъ экономичности, малымъ размѣрамъ, отсутствію ограниченій въ смыслѣ мѣста установки и правительственнаго надзора, какъ за паровыми установками, несложному уходу, легкому пусканію въ ходъ. Большое значеніе эти машины имѣютъ на автомобиляхъ, моторныхъ лодкахъ и въ воздухоплаваніи, которое только благодаря имъ получило современное развитіе.

Литература. *Гюльднеръ, Г.* Газовые, нефтяные и проч. двигатели внутренняго сгоранія, ихъ конструкція и работа. 1907. Ц. 11 р. *Балдинъ, С.* Двигатели внутренняго горѣнія. 1907. Ц. 2 р. 40 к. *Фатеръ, Р.* Теорія и устройство тепловыхъ двигателей въ общедоступномъ изложеніи. 1901. Ц. 1 р. 50 к. *Шово, Г.* Газовые, керосиновые и бензиновые двигатели. 1904. Ц. 4 р. *Лютеръ, Г.* Практика работы съ газовыми и газогенераторными двигателями.

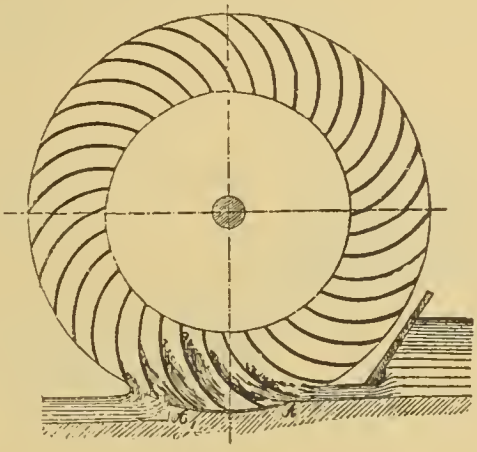
4. Водяные двигатели.

Первоисточникомъ водяной энергіи служитъ солнечная теплота. Она испаряетъ воду съ поверхности земного шара, поднимая ее вверхъ въ видѣ облаковъ и тучъ, которыя возвращаютъ воду на землю въ дождѣ и снѣгѣ. Дождь и растаявшій снѣгъ собираются въ родники, ручьи и рѣки. Воду рѣкъ можно задерживать запрудами и плотинами и направлять на водяные двигатели, приводя ихъ въ движеніе и производя механическую работу.

Первыми водяными двигателями были водяныя колеса; такъ называютъ колеса, насаженныя на горизонтальную ось и имѣ-



Черт. 31.



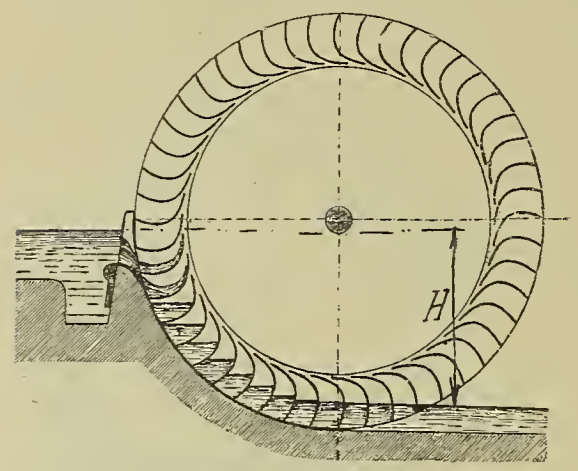
Черт. 32.

ющія по ободу лопатки, на которыя дѣйствуетъ вода. Самый простой способъ заставить воду дѣйствовать на колесо — это укрѣпить колесо надъ текущей водой такъ, чтобы лопатки его погружались въ воду. Вода, ударяясь о лопатки колеса, заставитъ его вращаться. Но энергія потока этимъ способомъ будетъ очень плохо использована, потому что бо́льшая часть воды пройдетъ мимо, да и самый ударъ будетъ незначителенъ вслѣдствіе небольшой естественной скорости текучихъ водъ. Поэтому необходимо, во-первыхъ, уменьшить поперечное сѣченіе потока и, во-вторыхъ, увеличить его скорость. То и другое условіе можно выполнить если, перегородивъ потокъ плотиною и поднявъ тѣмъ самымъ уровень воды, заставить послѣднюю падать на небольшомъ участкѣ. Отъ этого скорость ея увеличится, а, слѣдовательно, уменьшится поперечное сѣченіе потока. На пути такого

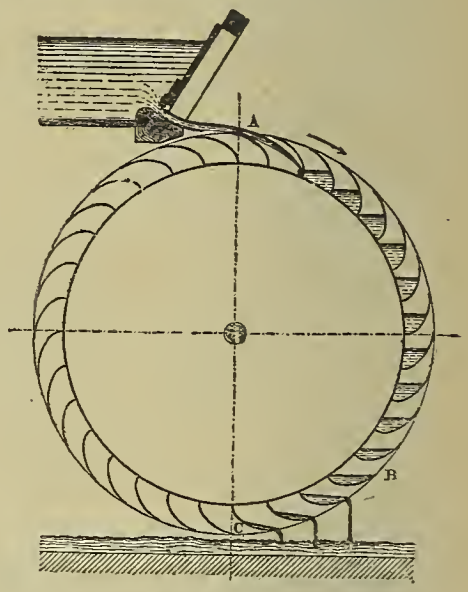
искусственнаго потока ставится колесо, но такъ, чтобы его лопатки перегораживали все сѣченіе потока (черт. 31). Полезное дѣйствіе такого колеса гораздо выше предыдущаго, но оно равно только $^1/_3$ всей дѣйствительной работоспособности воды.

Колеса, построенныя, какъ показано на черт. 31, называются подливными колесами. Въ этомъ видѣ подливныя колеса теперь не устраиваются, вслѣдствіе большихъ потерь энергіи воды въ нихъ. Гораздо лучше подливныя колеса по конструкціи французскаго инженера Понселé, которыя отличаются отъ предыдущихъ тѣмъ, что имѣютъ кривыя лопатки, какъ показано на черт. 32.

Матеріаломъ для изготовленія колесъ служатъ дерево, чугунъ и



Черт. 33.

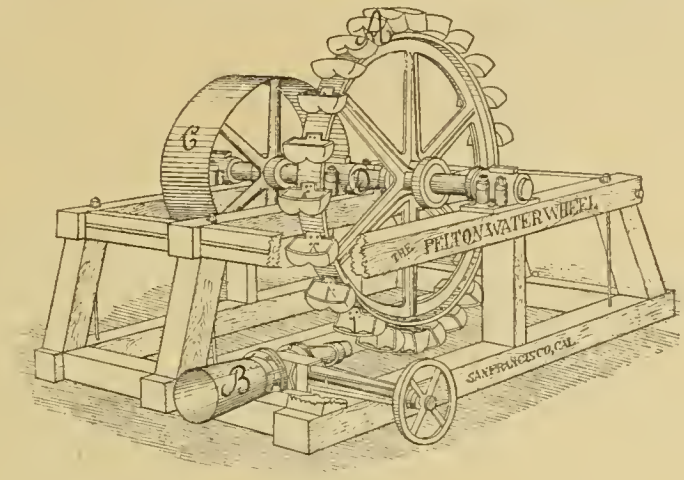


Черт. 34.

желѣзо; однако даже у чугунныхъ колесъ лопатки выполняются изъ листового желѣза. Дѣлать колеса изъ одного только дерева избѣгаютъ, такъ какъ такое колесо недостаточно прочно.

Кромѣ описанныхъ колесъ, существуютъ еще верхобойныя (черт. 34) и среднебойныя (черт. 33) колеса, называемыя такъ въ зависимости отъ того, въ какую часть колеса поступаетъ вода. Работа колеса зависитъ отъ высоты уровней воды у колеса, отъ количества воды, работающей въ колесѣ и отъ того, насколько совершенно используется колесомъ сила воды. Если обозначить высоту между уровнями воды, такъ называемый напоръ, черезъ H метровъ (см. черт. 33), черезъ Q — число кубическихъ метровъ воды, протекающей черезъ колесо въ 1 секунду, тогда наибольшая работа, которую можно было бы получить, равняется $1000.Q.H$ килограммометровъ въ 1 секунду или $\frac{1000.Q.H}{75}$ лоша-

динныхъ силъ; въ дѣйствительности работа колеса будетъ меньше, такъ какъ часть работы должна теряться; поэтому дѣйствительная работа колеса $N = K \cdot \frac{1000.Q.H}{75}$ лошадиныхъ силъ, гдѣ K меньше единицы — *коэффиціентъ полезнаго дѣйствія* колеса.



Черт. 35.

Описанныя выше колеса примѣняются при небольшихъ напорахъ (до 10 метровъ), поэтому работа ихъ небольшая и примѣненіе очень ограничено.

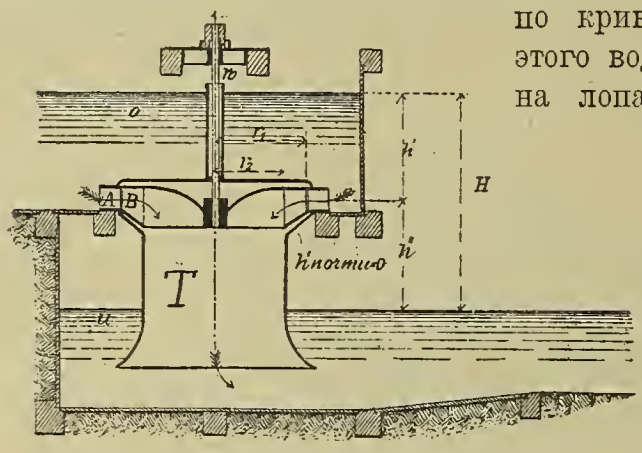
Черт. 36.

Для большихъ напоровъ (100—900 метровъ) примѣняютъ колеса Пельтона. Общій видъ этого колеса показанъ на черт. 35. Вода попадаетъ на колесо A изъ мундштука B подъ вліяніемъ напора воды изъ верхняго водоема. Устройство расположенныхъ по окружности колеса ковшей таково, что вода раздѣляется въ ковшѣ (черт. 36) на двѣ струи. Каждая струя плавно отклоняется назадъ; скорость движенія лопатокъ вдвое меньше, чѣмъ скорость воды, поступающей изъ мундштука.

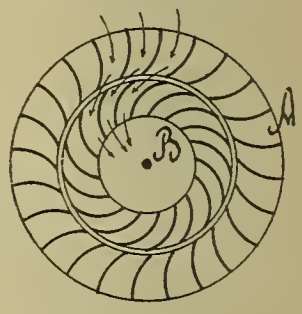
Ограниченное примѣненіе водяныхъ колесъ послужило причиною созданія особаго типа гидравлическихъ пріемниковъ, характеризующихся сквознымъ прохожденіемъ черезъ нихъ воды. Эти двигатели называются турбинами.

Устройство турбины показано ниже на черт. 37 и 38; она состоитъ изъ двухъ колесъ A и B. Колесо A неподвижно укрѣплено въ днѣ камеры O, куда подводится вода изъ верхняго водоема. Колесо B закрѣплено на валу W и можетъ вмѣстѣ съ нимъ вращаться; колесо B помѣщается въ трубѣ T. Какъ A, такъ и B снабжены рядомъ кривыхъ перегородокъ, называемыхъ *лопатками*, которыя образуютъ въ колесахъ каналы. Вода изъ верхняго водоема можетъ переливаться въ нижній только черезъ

каналы колесъ A и B и трубу T; при своемъ движеніи черезъ каналы колеса B вода принуждается лопатками его двигаться по криволинейному пути; отъ этого вода производитъ давленіе на лопатки колеса B и заста-

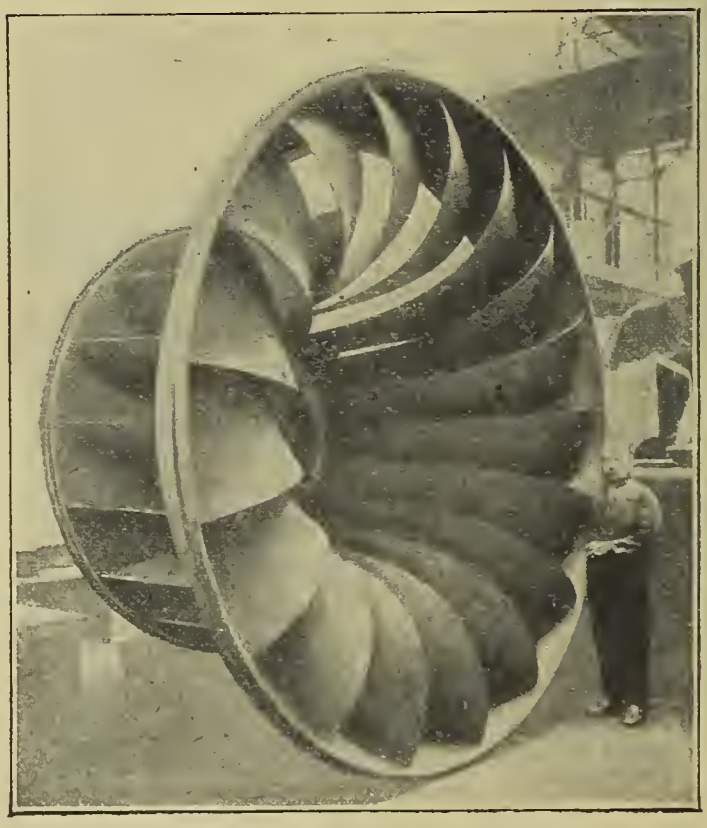


Черт. 37.



Черт. 38.

вляетъ его вращаться. Колесо A называется *направляющимъ колесомъ*, B — *рабочимъ*, труба T — *всасывающей трубой*.



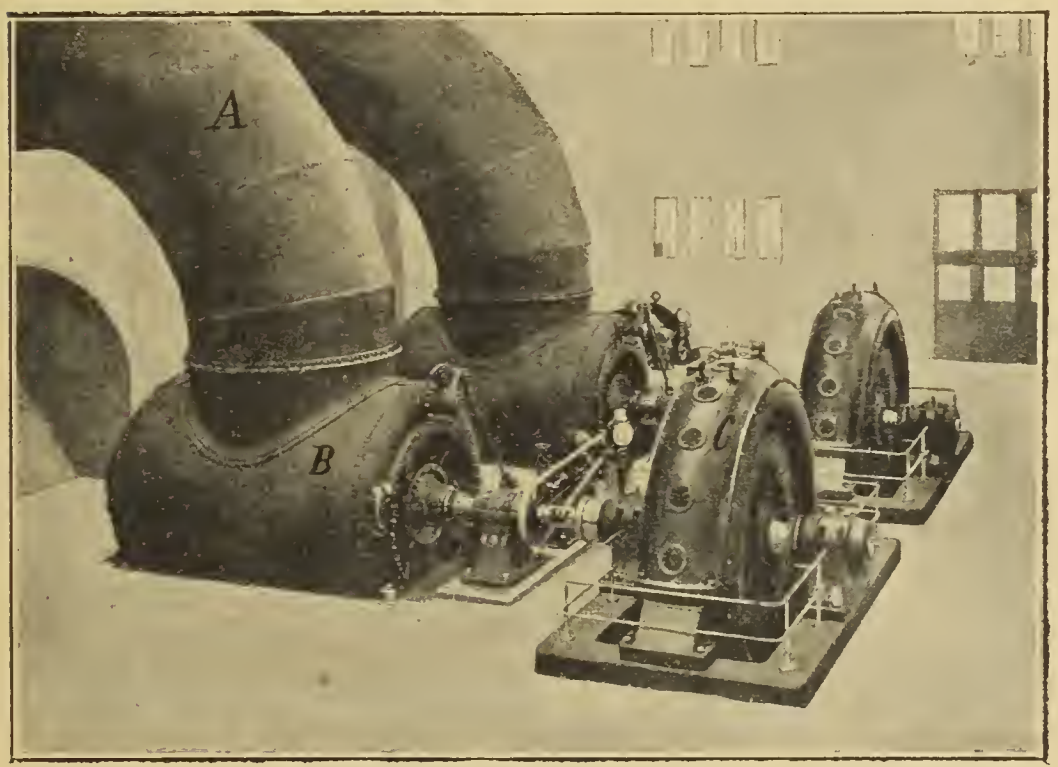
Черт. 39. Рабочее колесо турбины.

Такимъ образомъ черезъ валъ турбины W сила воды можетъ быть передана на любую машину, приводя ее въ движеніе для совершенія какой-нибудь полезной работы.

Работа, которую можетъ развить турбина, опредѣляется такъ же, какъ и для водяныхъ колесъ изъ выраженія $N = K\frac{1000Q.H.}{75}$ гдѣ коэффиціентъ K въ хорошо исполненныхъ турбинахъ достигаетъ 0,85.

Здѣсь H напоръ, равный разстоянію въ метрахъ между нижнимъ и верхнимъ уровнемъ (см. черт. 37), Q—количество воды въ кубическихъ метрахъ, протекающее черезъ турбину въ 1 секунду.

Водяная сила используется въ настоящее время далеко не вполнѣ; къ концу 1909 года использованную энергію воды во



Черт. 40. Турбинная установка; *A* -труба, подводящая воду изъ верхняго водоема; *B*—кожухъ, внутри котораго помѣщаются двѣ турбины: *W* — общій валъ турбины, *C* — генераторъ электрическаго тока.

всемъ мірѣ можно считать около 3,5 милліоновъ лошадиныхъ силъ въ годъ; величина эта ничтожна сравнительно съ громаднымъ источникомъ неиспользованной еще силы воды: въ одной Европѣ, грубо оцѣнивая, разсчитываютъ величину водяной силы въ 50 милліоновъ лошадиныхъ силъ въ годъ.

Литература: *Евневичъ*. Курсъ гидравлики 1891 г. Ц. 1 р. 50 к. *Тиме*. Гидравлическіе двигатели. 1891 г. Ц. 10 р. 50 к. *Федоровъ*. Водяные двигатели 1908 г. Ц. 40 к. *Янковскій*. Гидравлическіе двигатели. 1902 г. Ц. 1 р. 40. *Деккердъ, К.* Гидравлическіе двигатели 1903 г. Ц. 1 р. 26 к. *Цейнеръ, Г.* Курсъ теоріи турбинъ. 1904 г. Ц. 2 р. 80 к. *Ванковъ*. Турбины. 1894 г. Ц. 2 р. *Генне*. Турбины. 1901 г. Ц. 2 р. 80 к. *Астровъ, А.* Водяные турбины съ атласомъ. 1907 г. Ц. 17 р.

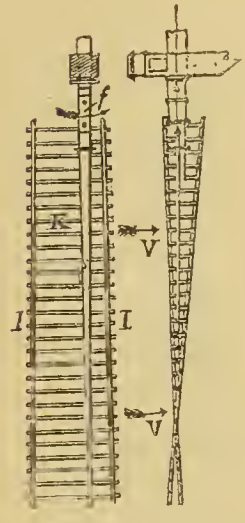
5. Вѣтряные двигатели.

Впервые вѣтряные двигатели были примѣнены для приведенія въ дѣйствіе мельничные жернова взамѣнъ ручного способа размола зерна. Съ XII вѣка вѣтряныя мельницы начинаютъ распространяться въ Европѣ, сперва во Франціи, затѣмъ въ Англіи, Германіи, Голландіи. Вскорѣ послѣ этого онѣ были перенесены и къ намъ въ Россію.

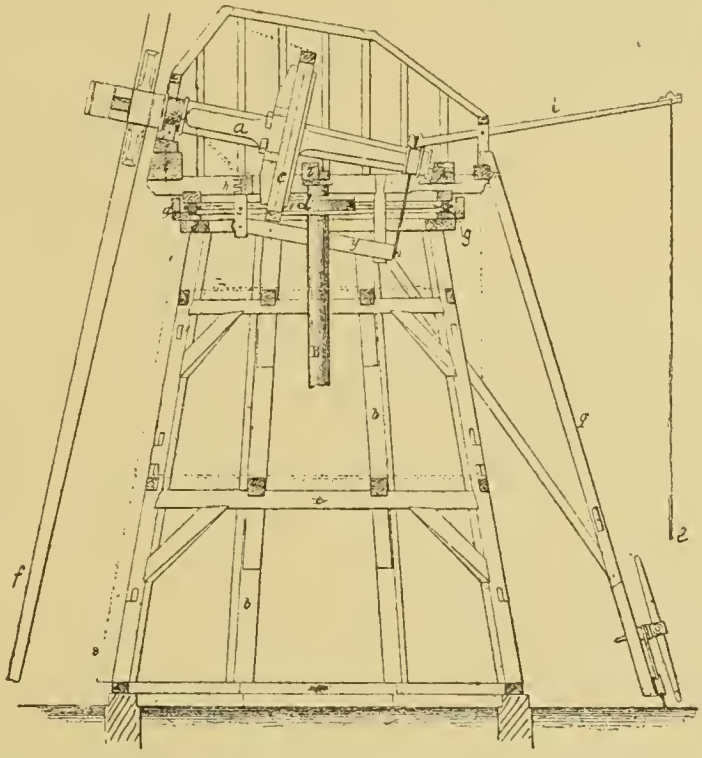
Хотя вѣтеръ является, съ одной стороны, даровой силой и, съ другой, работа, которую можно заставить его совершать, неограниченна, тѣмъ не менѣе пользованіе имъ неособенно распространено. Причина этого — непостоянство вѣтра: то онъ дуетъ съ большей, то съ меньшей сплой, то совсѣмъ перестанетъ. Въ виду этого пользованіе вѣтряными двигателями неудобно въ большинствѣ случаевъ, когда требуется работа въ опредѣленное время. Такимъ образомъ ими пользуются преимущественно для сельскихъ мельницъ, у которыхъ количество зерна, подлежащее размолу, неособенно велико, такъ что за осень можно легко выбрать достаточное число вѣтряныхъ дней. Кромѣ того, вѣтряными двигателями пользуются еще для накачиванія воды изъ колодцевъ или рѣкъ. Въ этомъ случаѣ имѣютъ расположенный на извѣстной высотѣ водоемъ, или бакъ, изъ котораго постепенно расходуютъ воду; пополненіе же ея запаса производятъ время отъ времени, выбирая подходящій вѣтеръ. Въ другихъ странахъ, преимущественно въ Соединенныхъ Штатахъ, вѣтряными двигателями пользуются гораздо шире, на кирпичныхъ и фаянсовыхъ заводахъ, въ химической промышленности и сельскомъ хозяйствѣ, но въ такомъ случаѣ необходимо имѣть другой, запасной двигатель, паровой или внутренняго горѣнія на время безвѣтрія. Это, конечно, представляетъ большія неудобства.

Простѣйшій вѣтряной двигатель, встрѣчающійся почти въ каждой деревнѣ,—мельничный, состоитъ изъ нѣсколькихъ крыльевъ, закрѣпленныхъ въ концѣ деревяннаго вала. Число крыльевъ дѣлается разное, отъ 4 до 8, рѣдко больше. Крыло состоитъ изъ основного бруска, маха f (черт. 41), вставленнаго въ прямоугольное отверстіе въ головкѣ вала перпендикулярно къ оси вращенія, и изъ перьевъ, или иглицъ k, пропускаемыхъ сквозь махъ и скрѣпляемыхъ на концахъ связными, или сборными брусками I, I. Длина крыльевъ бываетъ различная, отъ 2 до 5 саженъ, смотря по требуемой силѣ. Иглицы вставляются такъ, что образуютъ плоскость, составляющую небольшой, отъ 6^0—30^0, уголъ съ плоскостью вращенія, или косую поверхность, какъ показано на

черт. 41. Ширина крыла дѣлается отъ $^1/_4$ до $^1/_6$ длины. Полученную такимъ образомъ рѣшетку покрываютъ тонкими досками, при большихъ крыльяхъ съемными ставнями изъ тонкихъ досокъ или рамокъ, затянутыхъ промасленной парусиной. Валъ располагается на двухъ опорахъ, подшипникахъ, не горизонтально, а съ наклономъ отъ 5 до 15^0, такъ какъ и вѣтеръ дуетъ съ такимъ наклономъ сверху внизъ. Между подшипниками на валъ насаживается коническое или цѣвочное зубчатое колесо, которое вращаетъ второе такое же колесо на вертикальномъ валу, проходящемъ примѣрно въ срединѣ мельницы; на этомъ валу наса-



Черт. 41.

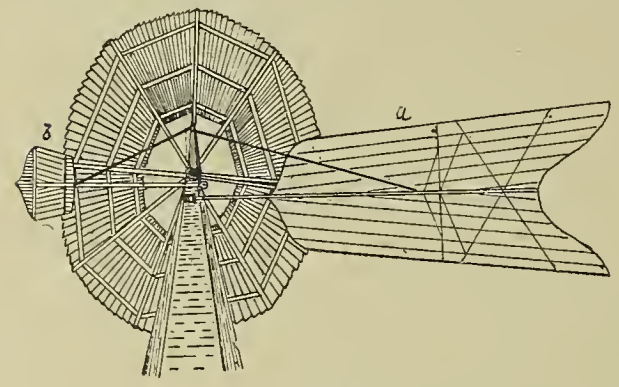


Черт. 42.

женъ жерновъ. При среднемъ вѣтрѣ валъ дѣлаетъ 10—15 оборотовъ въ минуту.

Для правильнаго дѣйствія двигателя валъ долженъ быть установленъ прямо навстрѣчу направленія вѣтра; такъ какъ послѣднее мѣняется, то валъ приходится также поворачивать. Поворачиваніе это можетъ быть достигнуто двумя способами: въ нѣмецкихъ, или козловыхъ мельницахъ поворачивается все зданіе на забитой въ землѣ сваѣ; въ голландскихъ, или шатровыхъ мельницахъ, само зданіе неподвижно, поворачивается лишь верхняя часть, шатеръ, имѣющій видъ башни; въ этомъ шатрѣ укрѣпляются подшипники для главнаго вала. На черт. 42 изображенъ разрѣзъ шатровой мельницы: *a* главный валъ, *f* одно изъ четы-

рехъ крыльевъ, c и d цѣвочныя передаточныя колеса, B валъ жернова; g, g ролики, на которыхъ поворачивается шатеръ, q рычагъ, за который поворачивается шатеръ. Для остановки двигателя служитъ тормозъ: если потянуть веревку e, то посредствомъ рычага i къ ободу колеса c прижмется тормозная колодка y.



Черт. 43.

Вѣтряные двигатели описаннаго вида могутъ работать не при всякомъ вѣтрѣ, а лишь начиная отъ скорости его въ 3—4 метра въ секунду и до 10—12; наивыгоднѣйшая скорость около 6 — 7 метровъ.

Кромѣ указаннаго ограниченнаго предѣла пользованія ихъ, существеннымъ неудобствомъ ихъ служитъ невозможность регулировать скорость ихъ вращенія: при тихомъ вѣтрѣ они вращаются черезчуръ медленно, при сильномъ—черезчуръ скоро. Затѣмъ установка ихъ по направленію вѣтра—дѣло довольно трудное, особенно при сильномъ вѣтрѣ. Наконецъ бури часто ломаютъ ихъ большія крылья.

Черт. 44.

Всѣ перечисленные недостатки въ значительной мѣрѣ устранены въ двигателяхъ второго, такъ называемаго американскаго типа. Въ нихъ крылья состоятъ изъ узенькихъ полосокъ, расположенныхъ по всей окружности и образующихъ полное колесо; легкій желѣзный остовъ даетъ возможность колесу вращаться даже при слабомъ вѣтрѣ. На черт. 43 изображено такое колесо. Установка навстрѣчу вѣтру, а при большой силѣ его—подъ вѣтеръ, достигается автоматически, безъ вмѣшательства людей, при помощи крыла или руля a, ось котораго перпендикулярна къ плоскости вращенія колеса и стремится всегда стать по направленію вѣтра. Крыло b служитъ для автоматическаго же поворачиванія крыльевъ главнаго колеса такъ, чтобы измѣнялся ихъ уголъ съ плоскостью вращенія: чѣмъ уголъ этотъ больше, при-

ближаясь къ прямому, тѣмъ меньшая поверхность предоставляется вѣтру, и наоборотъ. При усиленіи вѣтра уголъ этотъ автоматически увеличивается, при ослабленіи — уменьшается. Этимъ достигается какъ приблизительное постоянство числа оборотовъ колесъ, такъ и постоянство развиваемой имъ мощности.

Двигатели американскаго типа строятся мощностью отъ ½ до 20 лош. силъ, сообразно чему діаметръ ихъ колеса мѣняется отъ 2,5 до 12 метр.

Такъ какъ сила вѣтра тормозится встрѣчаемыми препятствіями, какъ деревья и зданія, то вѣтряные двигатели слѣдуетъ ставить на открытыхъ мѣстахъ, по возможности на холмахъ. Чтобы ослабить дѣйствіе указанныхъ препятствій, можно двигатель ставить также на извѣстной высотѣ, напр., на крышѣ зданія или на особой башенкѣ. На черт. 44 изображена такая башенка легкой желѣзной конструкціи. На той же башенкѣ находится желѣзный бакъ, въ который двигатель накачиваетъ воду.

Литература: Голландская вѣтр. мельница. Губ. И. В. Экономич. Общ. 1870 г. *Нейманъ.* Руководство къ построенію вѣтр. двигателей. *Штейнгель.* Теорія вѣтряныхъ двигателей. 1889. *Германъ,* Упрощенный вѣтряной двигатель 1861 г. *Бауманъ,* Современные вѣтр. двигатели, 1906 г. Ц. 1 р. *Конрадъ.* Вѣтряные двигатели. 1907. Ц. 2 р. 50 к. *Федоровъ,* Вѣтряные двигатели 1903 г. Ц. 40 к. *Дебу,* Водяные и вѣтряные двигатели, Спб. 1908 г. Ц. 1 р.

6. Паровозы.

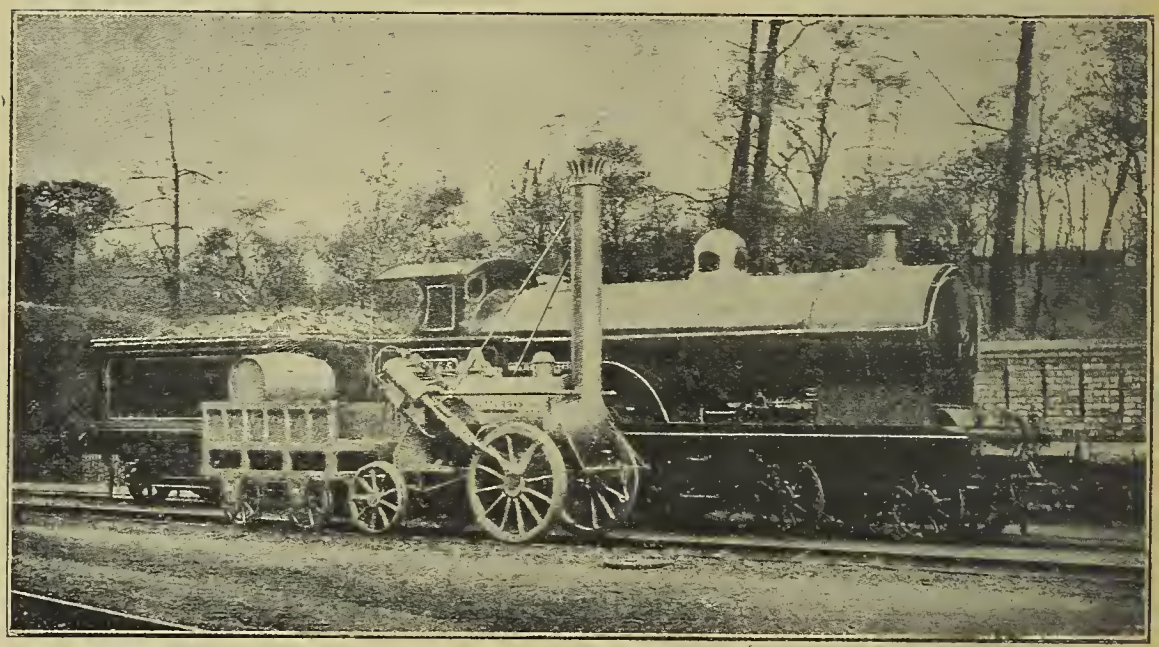
Первыя попытки осуществить паровозъ совпадаютъ съ изобрѣтеніемъ Уаттомъ паровой машины въ 1769 г. Это была трехколесная повозка, которая должна была двигаться подъ дѣйствіемъ пара, но она совершенно не имѣла успѣха. Нѣкоторый успѣхъ имѣлъ паровозъ, построенный въ Англіи Тревитикомъ въ 1802 г. Онъ состоялъ изъ парового котла и паровой машины, отъ которой движеніе колесамъ передавалось зубчатыми колесами. Особую услугу въ исторіи развитія и выработкѣ раціональнаго типа паровоза оказалъ Стефенсонъ; начиная съ 1814 года въ теченіе десяти лѣтъ, послѣ ряда преобразованій наиболѣе существенныхъ частей паровоза, былъ выработанъ Стефенсономъ паровозъ, который является прототипомъ современнаго паровоза (см. черт. 45).

Всякій паровозъ состоитъ изъ трехъ главныхъ частей: парового котла, паровой машины и экипажной части.

Къ паровымъ котламъ у паровозовъ предъявляется требованіе большей паропроизводительности, и они въ этомъ отношеніи

находятся въ исключительномъ положеніи. На черт. 46 схематически показанъ паровой котелъ паровоза. Нагрѣтые газы изъ топки A проходятъ въ дымовую коробку B по ряду дымогарныхъ трубокъ D. Назначеніе этихъ трубокъ — увеличить поверхность нагрѣва котла. Вода въ котлѣ поддерживается на такомъ уровнѣ, что она всегда покрываетъ топку и дымогарныя трубы.

Изъ дымовой коробки газы выходятъ въ трубу, но такъ какъ послѣдняя, будучи довольно короткой, не можетъ вызвать достаточной тяги, то въ нее вводятъ паропроводную трубу мятаго или отработавшаго пара. Конецъ этой трубы имѣетъ спеціальное устройство и называется конусомъ. Паръ, проходя черезъ конусъ,



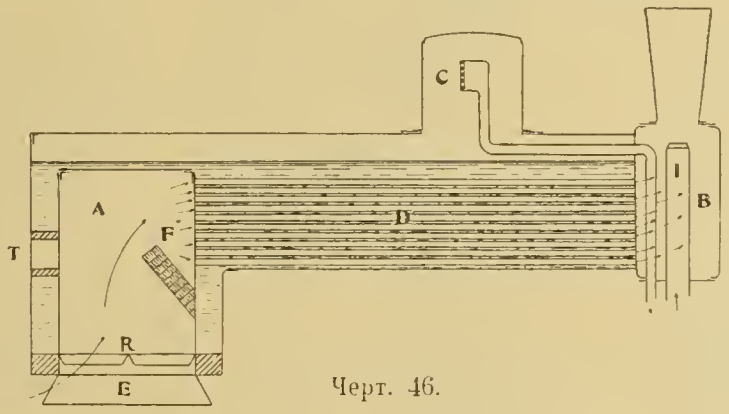
Черт. 45. Паровозъ Стефенсона «Ракета» и современный англійскій паровозъ.

своимъ движеніемъ вызываетъ тягу. Когда паровозъ стоитъ, то тягу вызываютъ свѣжимъ паромъ, поступающимъ по особой тонкой трубкѣ, называемой сифономъ. Устройство конусовъ весьма различное: схематически конусъ показанъ на черт. 46 буквою I.

Топка котла имѣетъ дверцы T и поддувало E. Топливо загружаютъ на колосниковую рѣшетку R, опредѣленной толщиною; если топливомъ служитъ нефть, то ее подаютъ форсункой, принципъ устройства которыхъ показанъ на черт. 47: паръ, вытекая съ большой скоростью изъ сопла, увлекаетъ нефть, находящуюся въ трубкѣ, окружающей паровое сопло, и мелко распыливаетъ ее. Для лучшаго сгоранія топлива въ топкѣ помѣщаются сводики F изъ огнеупорнаго кирпича, которые накаливаются и воспламеняютъ несогрѣвшія части газовъ.

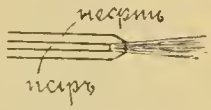
Изъ парового котла паръ поступаетъ въ сухопарникъ *c*, теряетъ тамъ часть увлеченной при парообразованіи въ видѣ мелкихъ капелекъ воды и оттуда по трубкѣ поступаетъ въ золотниковую коробку.

Паровая машина въ виду исключительныхъ условій, въ которыхъ она работаетъ, имѣетъ много особенности, хотя принципъ дѣйствія пара въ ней остается тотъ же, что и у обыкновенной паровой машины. На черт. 48 изображенъ паровозъ съ разрѣзомъ парового цилиндра. Паръ дѣйствуетъ на поршень, отъ котораго давленіе передается при помощи штока крейцкопфу (ползуну). Послѣдній движется въ направляющихъ, называемыхъ параллелями, и передаетъ давленіе при помощи шатуна, который присоединяется къ колѣну вала. Вращательное усиліе передается отъ



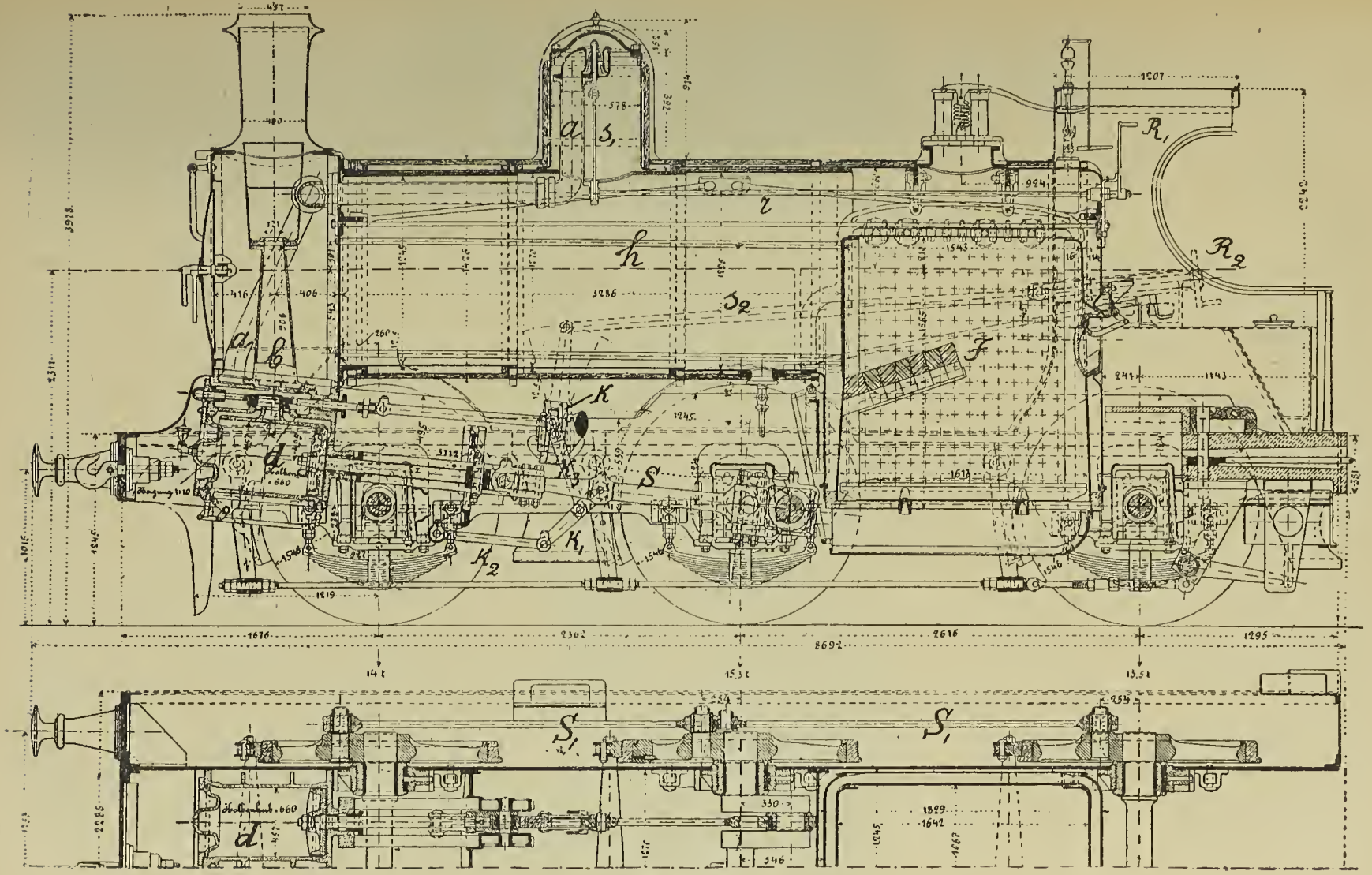
Черт. 46.

этой оси остальнымъ четыремъ при помощи дышла S_1S_1. Для того, чтобы не выходить далѣе опредѣленныхъ размѣровъ паровоза, дѣлаютъ цилиндры паровоза сравнительно небольшими, что заставляетъ пользоваться паромъ до 16 атмосферъ. Конденсаціи пара въ холодильникахъ у паровоза не производятъ, потому что мятый паръ необходимъ для увеличенія тяги въ котлѣ. Самодѣйствующаго регулятора скорости у паровоза обыкновенно не бываетъ, такъ какъ самъ вѣсъ поѣзда не позволяетъ быстро мѣнять скорость движенія. Измѣненіе наполненія цилиндра паромъ производится кулиснымъ механизмомъ, который служитъ также и для измѣненія направленія движенія паровоза (передній и задній ходъ). На черт. 48 изображенъ кулисный механизмъ Джоя, состоящій изъ рычага *K* съ прорѣзомъ, въ которомъ можетъ двигаться вверхъ и внизъ камень *m*, получая движеніе отъ шатуна помощью тяги K_1, K_2, K_3.



Черт. 47.

При положеніи кулиссы *K*, какъ на черт. 48, золотникъ не получаетъ движенія; при наклоненіи кулиссы, помощью махо-

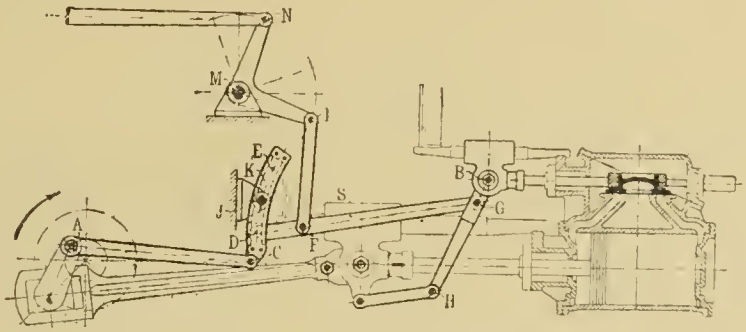


a
s1
r
h
s2
R1
R2
F
K
K1
K2
K3
S
S1
d
b
1207
1543
1143
1676
2302
2616
1295
8692
1219
1245
1829
1642
330
546

Черт. 48.

вика R_2 и тяги S_2, въ ту или другую сторону, золотникъ получаетъ взаимно противоположныя движенія, вызывая этимъ тотъ и иной ходъ паровоза. Кулиссный механизмъ изобрѣтенъ и примѣнялся Стефенсономъ; быстрое изнашиваніе его кулиссы вызвало появленіе другихъ конструкцій, изъ которыхъ наиболѣе раціональной признается кулисса Гейзингера, изображенная на черт. 49.

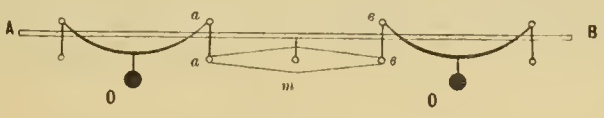
Паровой котелъ, его топка, цилиндры паровой машины и будка машиниста укрѣплены на паровозной рамѣ. Рама склепы-



Черт. 49. Кулисса Гейзингера.

вается обыкновенно изъ толстаго листового желѣза. Рама покоится на ведущихъ и поддерживающихъ осяхъ или особыхъ телѣжкахъ. Ведущія оси бываютъ прямыя, когда цилиндры находятся съ боковъ паровоза, и колѣнчатыя при внутреннихъ цилиндрахъ. На оси наглухо насажены колеса, которыя вмѣстѣ съ осью образуютъ такъ называемый скатъ. Пальцы кривошиповъ укрѣпляются на самихъ колесахъ. Колеса имѣютъ на внутренней сторонѣ гребень, которымъ они удерживаются на рельсахъ.

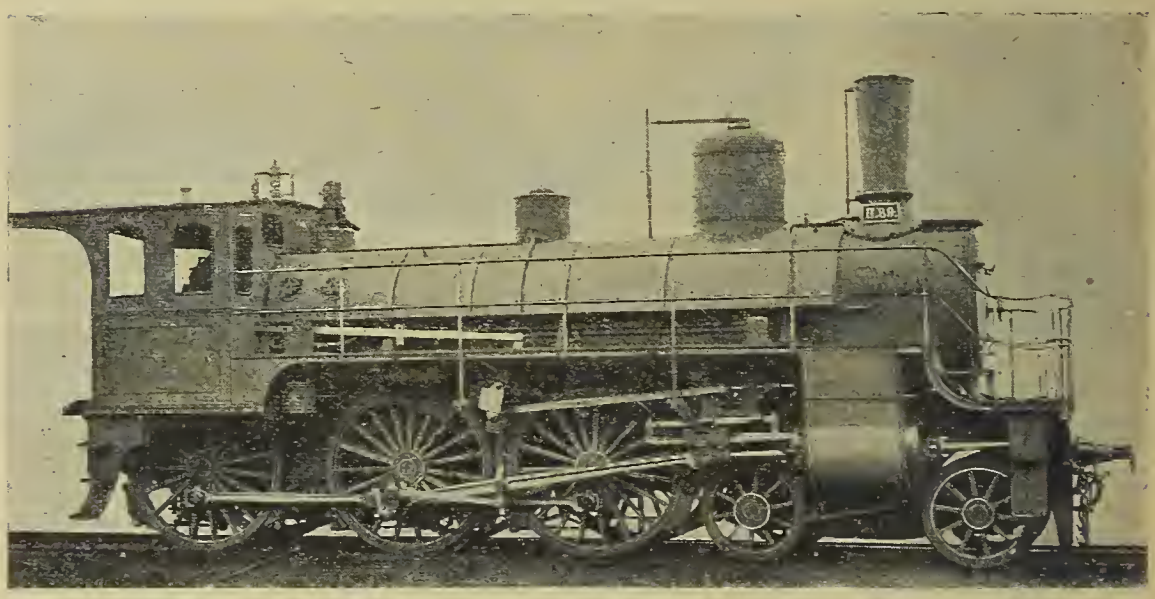
Впереди ведущихъ колесъ ставятъ особыя двухосныя телѣжки или одноосный бѣгунокъ. Назначеніе ихъ поддерживать раму и въ то же время служить направляющими осями. Передняя телѣжка можетъ вращаться около вертикальной оси, благодаря чему облегчается ѣзда по закругленіямъ пути. Рама соединяется съ осями колесъ при помощи буксы, рессоръ и балансира. Черт. 50 схематически показываетъ соединеніе рамы съ осями. Рама AB опирается въ точкѣ m на балансиръ ab, который подвѣшенъ сережками aa и bb къ рессорамъ. Рессоры же стрежнями опираются на оси O и O. Такое устройство даетъ возможность равномѣрно распредѣлить



Черт. 50.

вѣсъ паровоза на отдѣльныя оси, что достигается измѣненіемъ плечъ балансира при переносѣ точки m вправо или влѣво.

Назначеніе паровоза — сообщать поѣзду движеніе по рельсамъ и притомъ съ извѣстной скоростью. Для этого необходима опредѣленная сила, которая называется силою тяги. Необходимая сила тяги опредѣляется тѣми сопротивленіями, которыя поѣздъ встрѣчаетъ на своемъ пути. Сопротивленія бываютъ постоянныя, временныя и случайныя. Къ постояннымъ сопротивленіямъ относятся: тренія осей въ подшипникахъ, тренія колесъ о рельсы, сопротивленіе воздуха и проч., ко временнымъ сопротивленіямъ относятся подъемы на гору, сопротивленія при за-

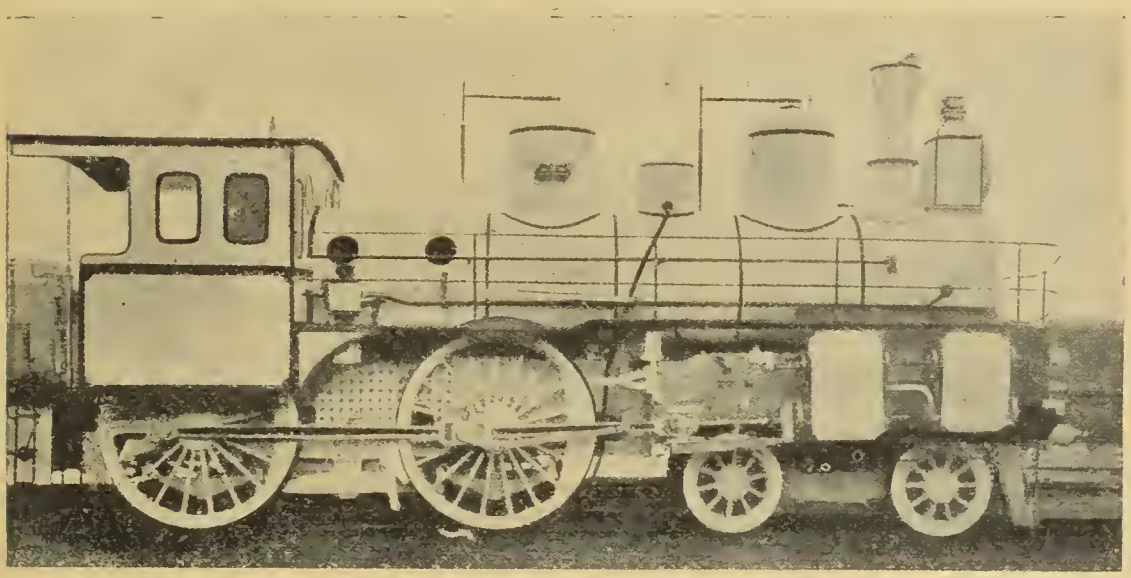


Черт. 51. Русскій типъ паровоза компаундъ съ кулиссой Джоя.

кругленіяхъ пути, и, наконецъ, къ случайнымъ сопротивленіямъ относятся заносъ пути снѣгомъ, сильный порывъ вѣтра и проч. Сопротивленіе поѣзда на горизонтальномъ пути считаютъ равнымъ $^1/_{200}$ вѣса поѣзда, но на подъемахъ оно сильно увеличивается.

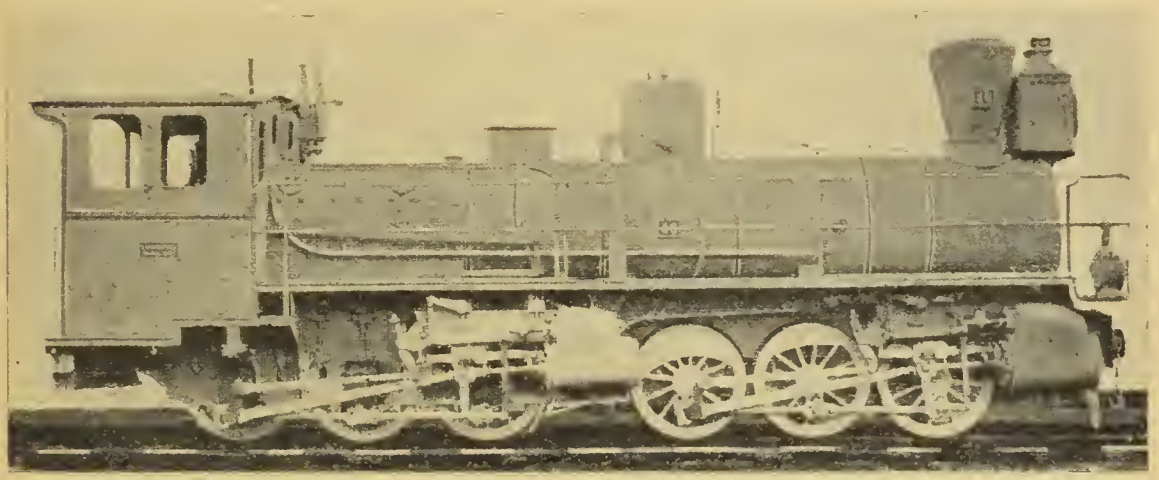
Такъ какъ сила тяги паровоза всегда равна силѣ сцѣпленія его съ рельсами, то необходимо имѣть въ каждомъ случаѣ такой паровозъ, который обладалъ бы достаточною силою сцѣпленія. Въ тѣхъ случаяхъ, когда сила сцѣпленія оказывается недостаточною, паровозъ начинаетъ буксовать, т.-е. колеса его начинаютъ скользить, и, несмотря на ихъ вращеніе, паровозъ остается на одномъ мѣстѣ. Паровозъ часто буксуетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда уменьшается сила тренія, напримѣръ, при влажныхъ рельсахъ послѣ дождя. Чаще всего паровозъ буксуетъ

въ моментъ трогания тяжелаго поѣзда съ мѣста. Въ случаѣ буксованія на рельсы посыпаютъ изъ песочницы песокъ, который увеличиваетъ силу тренія.



Черт. 52. Курьерскій паровозъ тандемъ Варшаво-Вѣнской жел. дор.

Работу паровоза въ единицу времени можно опредѣлить, если помножить силу тяги на его скорость. На этомъ основаніи и различаютъ рабочую способность паровозовъ курьерскихъ, пассажирскихъ и товарныхъ. Ихъ работа можетъ быть почти одина-



Черт. 53. Паровозъ Ярославо-Вологодско-Архангельской жел. дор.

кова, но получена какъ произведеніе различныхъ множителей. Курьерскимъ паровозамъ приходится двигать поѣзда вѣсомъ отъ 75 до 150 тоннъ (1 тонна = 61 пуд.) со скоростью до 80 верстъ въ часъ; пассажирскимъ паровозамъ — поѣзда вѣсомъ отъ 100

до 250 тоннъ со скоростью до 50 верстъ, и, наконецъ, товарнымъ паровозамъ — поѣзда вѣсомъ отъ 250 до 700 тоннъ со скоростью до 30 верстъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ отсюда видно, что только при небольшой скорости паровозы могутъ развивать большую силу тяги. Это обстоятельство играетъ большое значеніе для выбора діаметра и числа ведущихъ колесъ паровоза. Ведущими колесами у паровоза называются тѣ колеса, которымъ передается работа пара цилиндра. Чѣмъ больше число ведущихъ колесъ, тѣмъ больше сила сцѣпленія паровоза съ рельсами. Такъ какъ съ машиной соединяется при помощи шатуна и кривошипа обыкновенно только одна пара колесъ, то остальныя съ этой парой соединяютъ дышломъ. Такъ какъ сила сцѣпленія зависитъ отъ того давленія, которое приходится на колесо, то ведущія колеса стремятся нагрузить какъ можно больше. Но давленіе на колесо по свойствамъ верхняго слоя пути не можетъ быть допущено выше опредѣленнаго предѣла, которымъ за границей считаютъ 19 тоннъ, а въ Россіи 15 тоннъ. Если же вѣсъ паровоза больше, чѣмъ можно нагрузить ведущія колеса, то устраиваютъ еще поддерживающія оси, или телѣжки.

Конструкціи паровозовъ весьма различны, сообразно своему назначенію и условіямъ мѣстности, въ которой имъ приходится работать. Послѣднее обстоятельство и послужило причиною того, что въ каждой странѣ паровозы имѣютъ свои отличительныя черты. Въ Россіи, благодаря обширности ея и разнообразію климатическихъ и топографическихъ условій, паровозы весьма разнообразны по конструкціи. Они различаются по числу спаренныхъ осей и поддерживающихъ телѣжекъ и по числу и расположенію цилиндровъ. По способу дѣйствія пара паровозы бываютъ простого и двойного расширенія. Въ настоящее время паровозы строятся почти исключительно компаундъ съ простымъ золотниковымъ парораспредѣленіемъ. По расположенію спаренныхъ колесъ и поддерживающихъ телѣжекъ паровозы имѣютъ очень много различныхъ типовъ. Паровозы строятся для курьерскихъ и пассажирскихъ поѣздовъ съ 2 или 3 парами спаренныхъ колесъ; для товарныхъ поѣздовъ съ 3 — 4 парами спаренныхъ колесъ меньшаго діаметра; какъ тѣ, такъ и другіе паровозы могутъ имѣть впереди бѣгунокъ, или двухосную телѣжку, а сзади поддерживающія колеса.

Для помѣщенія топлива и воды къ паровозу прицѣпляется тендеръ. Въ тендерѣ имѣется помѣщеніе для угля или бакъ для нефти и бакъ для воды. У нѣкоторыхъ паровозовъ тендера не имѣется, и тогда топливо и вода помѣщаются на самомъ паровозѣ. Такіе паровозы называются танковыми, и они употребляются исключи-

тельно для пригородныхъ желѣзныхъ дорогъ и для передвиженія вагоновъ на станціяхъ. Существуютъ еще паровозы двухосные, но они употребляются исключительно на узкоколейныхъ дорогахъ.

Топливомъ для паровозовъ служитъ каменный уголь, нефть и дрова. Выборъ топлива зависитъ отъ наличности его въ данной мѣстности. Вслѣдствіе того, что паровой котелъ и паровая машина въ паровозѣ поставлены въ невыгодныя условія работы, расходъ топлива у нихъ на единицу силы очень великъ; обычно этотъ расходъ показывается на паровозо-версту и равенъ 28—32 фунтамъ каменнаго угля.

Число паровозовъ у насъ въ Россіи къ концу 1907 г. было 19.200; что касается другихъ странъ, то за тотъ же годъ мы имѣемъ слѣдующія цифры: въ Соединенныхъ Штатахъ 55.388, въ Германіи 23.912, въ Англіи 22.315, во Франціи 12.603, въ Австро-Венгріи 9.366, въ Швейцаріи 1.478.

Литература: *Шотлендеръ, Я.* Исторія паровоза за 100 лѣтъ (1803—1903) 1905 г. *Формаковскій, В.* Общій расчетъ паровоза и тендера. 1910. *Корташевъ, Н.* Конструкція паровозовъ. 1904. *Ломоносовъ, Ю.* Опытное изслѣдованіе товарныхъ паровозовъ. 1907. *Михайловъ, В.* Проектированіе современныхъ паровозовъ большой мощности. 1910. *Арцишъ, В.* Отопленіе паровозовъ дровами, углемъ и нефтью. 1896. Ц. 1 р. *Романовъ, А.* Паровозы. 1901. Ц. 9 р. *Селезневъ, П.* Паровозы. 1905. Ц. 3 р. 50 к. *Лопатто.* Курсъ паровой механики паровоза. 1907. Ц. 1 р.

7. Пароходы и теплоходы.

Пароходами и теплоходами называются суда, которыя могутъ передвигаться на водныхъ пространствахъ силой находящихся на нихъ машинъ. Согласно своему назначенію, суда имѣютъ весьма различное устройство, но главныхъ отличительныхъ типовъ три: военныя, преимущественно морскія суда, коммерческія морскія и рѣчныя. Всѣ три типа судовъ могутъ быть приводимы въ движеніе или помощью паровыхъ машинъ или машинъ внутренняго горѣнія, согласно чему они называются или пароходами, или теплоходами, но рѣзкой разницы въ конструкціи корпуса судна отъ этого не происходитъ. Суда различаются еще по матеріалу, изъ котораго они строятся: на суда деревянныя и желѣзныя.

Въ то время, какъ постройка деревянныхъ судовъ относится къ доисторическимъ временамъ, когда для плаванія по водѣ употреблялись долбленные или выжженные стволы деревьевъ, постройка желѣзныхъ судовъ имѣетъ сравнительно небольшую давность. Первое желѣзное судно было построено въ Англіи для коммерческихъ цѣлей въ 1820 году; и сразу послѣ этого желѣзное судостроеніе стало распространяться. Причинами этому

явились большія преимущества желѣзныхъ судовъ. Окончательно желѣзо утвердилось въ судостроеніи въ 40—50 гг. XIX вѣка, когда получила распространеніе мягкая мартеновская сталь. Преимущества вообще металлическихъ судовъ передъ деревянными слѣдующія: 1) бо́льшая крѣпость ихъ и возможность придавать

Черт. 54. Первый большой океанскій винтовой пароходъ (1843 г.). Водоизмѣщеніе 3500 тоннъ. Длина 87 метр. Ширина 15,5 м.

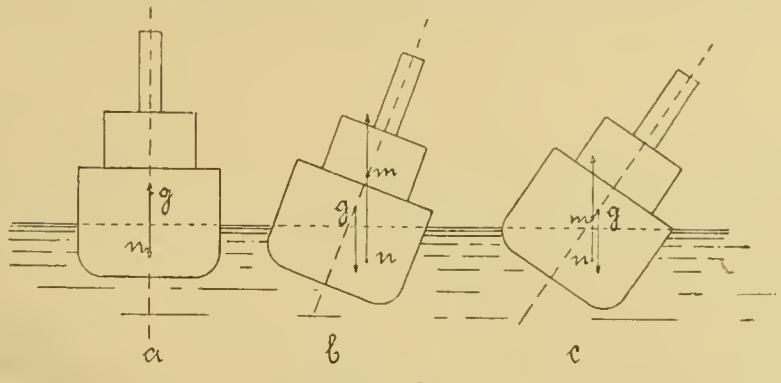
судну всевозможныя формы и размѣры; 2) меньшій вѣсъ корпуса, а, слѣдовательно, возможность поднимать большій полезный грузъ; 3) бо́льшій срокъ службы, который доходитъ до 50 лѣтъ, тогда какъ для деревянныхъ онъ не болѣе 15—20 лѣтъ; этимъ вполнѣ окупается бо́льшая первоначальная ихъ стоимость.

Черт. 55. Колесный пароходъ (1852—1857 гг.). Водоизмѣщеніе 27.400 тоннъ. Длина 207 метровъ. Ширина 25 м.

Характеристикой судна служитъ его *водоизмѣщеніе;* такъ называютъ количество воды, вытѣсненное погруженной частью судна; различаютъ объемное и вѣсовое водоизмѣщеніе: первое представляетъ собой объемъ воды, вытѣсненный погруженной

частью судна, второе — вѣсъ того же количества воды; такъ какъ морская вода плотнѣе рѣчной приблизительно на 2,5%, то при томъ же объемномъ водоизмѣщеніи, вѣсовое для моря въ 1,025 раза больше.

Для благополучнаго плаванія всякаго судна необходимо, чтобы оно обладало достаточной *плавучестью* съ нагрузкою, *прочностью* по отношенію ко всѣмъ разламывающимъ усиліямъ и *остойчивостью* во всѣхъ направленіяхъ. Мѣрою плавучести служитъ объемъ между ватерлиніей (линія, до которой судно погружается въ воду) и верхней изъ водонепроницаемыхъ палубъ. Запасъ плавучести дѣлаютъ таковымъ, чтобы можно было заполнить водою весь трюмъ или нижнюю часть судна и оно, погрузившись по верхнюю палубу, не потонуло бы. Вообще, запасъ плавучести имѣетъ громадное значеніе при поврежденіяхъ дна, когда вода,



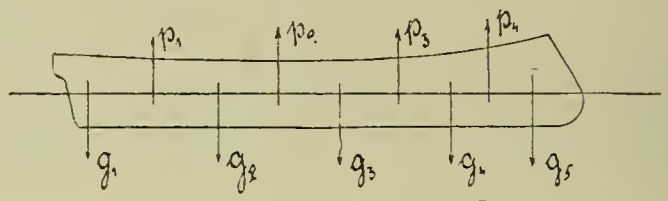
Черт. 56.

попавъ въ судно, заполняетъ его нижнюю часть, но благодаря переборкамъ не распространяется далѣе.

Остойчивостью судна называется его способность самостоятельно возвращаться въ нормальное равновѣсное положеніе при всякомъ отклоненіи изъ него. Остойчивость судна должна быть во всѣхъ направленіяхъ и при всякихъ возможныхъ углахъ наклоненія. На черт. 56 (*a*) показано прямое положеніе судна. Центръ тяжести судна находится въ точкѣ *g*, а центръ тяжести вытѣсненной воды—въ точкѣ *n*; обѣ онѣ лежатъ на отвѣсной линіи. Точка *n* называется центромъ давленія. Въ случаѣ (*b*) судно имѣетъ такой наклонъ, что точка *n*, будучи перенесена въ точку *m*, называемую метацентромъ, оказывается выше центра тяжести судна. Въ этомъ случаѣ дѣйствующія силы вѣса судна и вытѣсняемой воды будутъ стремиться повернуть судно въ первоначальное положеніе. Въ случаѣ (*c*) мы имѣемъ обратное явленіе, именно, метацентръ *m* лежитъ ниже центра тяжести, и судно въ этомъ случаѣ подъ дѣйствіемъ силъ будетъ дальше наклоняться. Отсюда

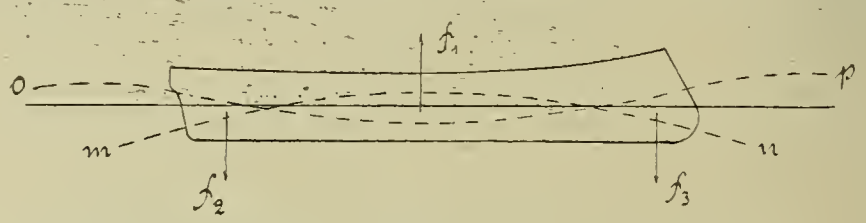
слѣдуетъ, что данное судно не будетъ обладать полною поперечною остойчивостью. Итакъ, условіе остойчивости судна состоитъ въ томъ, чтобы метацентръ его всегда лежалъ выше центра тяжести при всѣхъ углахъ наклоненія судна. То же самое можно сказать и относительно продольной остойчивости.

Разламывающія усилія появляются отъ различнаго вѣса отдѣльныхъ частей судна, отъ грузовъ, находящихся на суднѣ, и отъ дѣйствія волнъ. Всѣ эти силы стремятся или произвести изгибъ судна или измѣнить его поперечное сѣченіе.



Черт. 57.

Представимъ себѣ судно, свободно плавающее на спокойной водѣ. Силы вѣса (черт. 57) будутъ направлены внизъ и не будутъ равны между собой въ отдѣльныхъ частяхъ судна; силы вѣса вытѣсненной воды будутъ направлены вверхъ и будутъ больше въ средней части судна, чѣмъ въ оконечностяхъ его. Сумма однѣхъ силъ равна суммѣ другихъ, но въ отдѣльныхъ частяхъ онѣ даютъ разность силъ, при чемъ такъ, что слагающая f_1 разности среднихъ силъ направлена вверхъ (черт. 58), а слагающія f_2 и f_3, разности силъ оконечностей судна, направлены



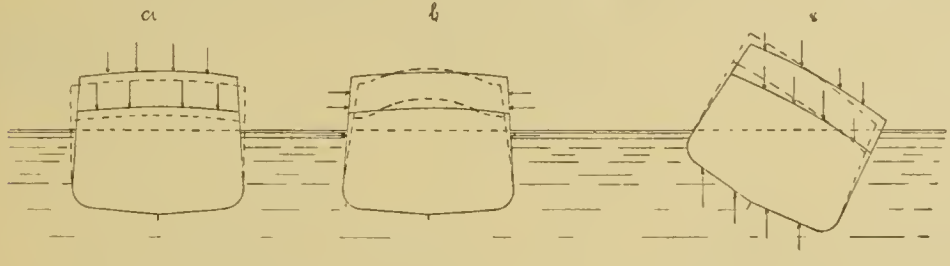
Черт. 58.

внизъ. Подъ дѣйствіемъ этихъ силъ получается перегибъ судна въ срединѣ. Этотъ перегибъ можетъ увеличиться отъ неудачнаго размѣщенія грузовъ на суднѣ. Представимъ себѣ, что судно находится на вершинѣ волны, пунктиръ $m-n$ (черт. 58), тогда водоизмѣщеніе оконечностей судна еще уменьшится, а слѣдовательно, неуравновѣшенный вѣсъ оконечностей еще больше увеличится и можетъ достигнуть большихъ размѣровъ, что и побуждаетъ строителей особенно заботиться о продольномъ укрѣпленіи судна. Пунктиръ $o-p$ (черт. 58) показываетъ положеніе

судна на подошвѣ волны; въ этомъ случаѣ происходитъ прогибъ судна.

Поперечныя измѣненія происходятъ отъ груза, расположеннаго на палубахъ судна, при чемъ деформація выражается въ сплющиваніи судна, случай (*a*) (черт. 59); отъ дѣйствія горизонтальныхъ силъ судно сдавливается и происходитъ выпучиваніе палубъ, случай (*b*). При кренѣ (наклоненіи судна) происходитъ перекашиваніе судна отъ вѣса груза и давленія воды снизу, случай (*c*) (черт. 59). Всѣ деформаціи (перекосы и изгибы) судна могутъ чередоваться при сильныхъ волненіяхъ поверхности моря, что и служитъ причиною расшатыванія связей судна. Усилія, которымъ можетъ подвергнуться судно, тщательно изучены, и конструкція всѣхъ связей направлена къ тому, чтобы вполнѣ обезпечить судно противъ разрушающихъ дѣйствій этихъ силъ.

Продольнымъ усиліямъ, главнымъ образомъ, сопротивляются продольныя связи, расположенныя въ верхней или нижней части

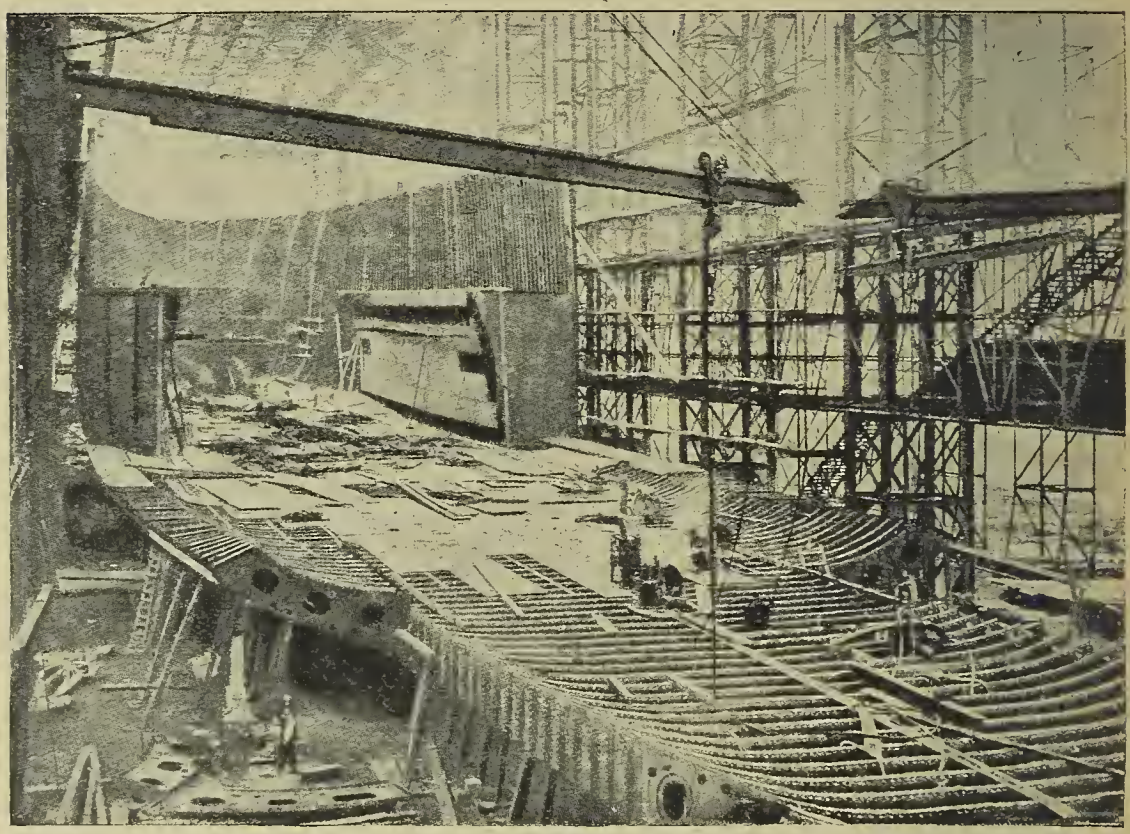


Черт. 59.

судна, которыя во взволнованномъ морѣ или сжимаются или растягиваются. Къ продольнымъ связямъ относится киль, который служитъ также для уменьшенія качки. Въ желѣзныхъ судахъ морского типа онъ служитъ еще для уменьшенія боковой качки, для чего къ судну придѣлываютъ еще боковые кили на протяженіи около $^2/_3$ длины судна.

Для приданія судну прочности въ поперечномъ направленіи устраиваютъ корпусъ его изъ балокъ, изогнутыхъ по формѣ корпуса и расположенныхъ поперекъ длины (см. черт. 60) судна; балки эти называются *шпангоутами*. Шпангоуты съ поверхности обшиваются листовымъ желѣзомъ, при чемъ края одного листа набѣгаютъ на другой. Внутри судна дѣлаются непроницаемыя переборки, которыя разбиваютъ судно на отдѣльныя камеры. При затопленіи одной или двухъ камеръ водой судно еще въ состояніи держаться на водѣ. Что касается военныхъ судовъ, то одно изъ существенныхъ отличій ихъ отъ коммерческихъ это — броня, которою покрываютъ борта судна, палубу и отдѣльныя помѣщенія. Прежде, когда броня была толщиною не болѣе 6 дюймовъ, ею

покрывали сплошь корпусъ судна, но теперь доводятъ бортовую поясную броню до 20 дюймовъ и защищаютъ ею преимущественно наиболѣе жизненныя части судна, главнымъ образомъ машинное и котельное помѣщенія. Величина погруженія брони въ воду доходитъ до 5 футовъ; въ большемъ погруженіи нѣтъ необходимости, такъ какъ ниже судно защищено сопротивленіемъ воды, которое очень велико; можно было бы ограничиться погруженіемъ даже на вдвое меньшую величину, если бы не волненіе

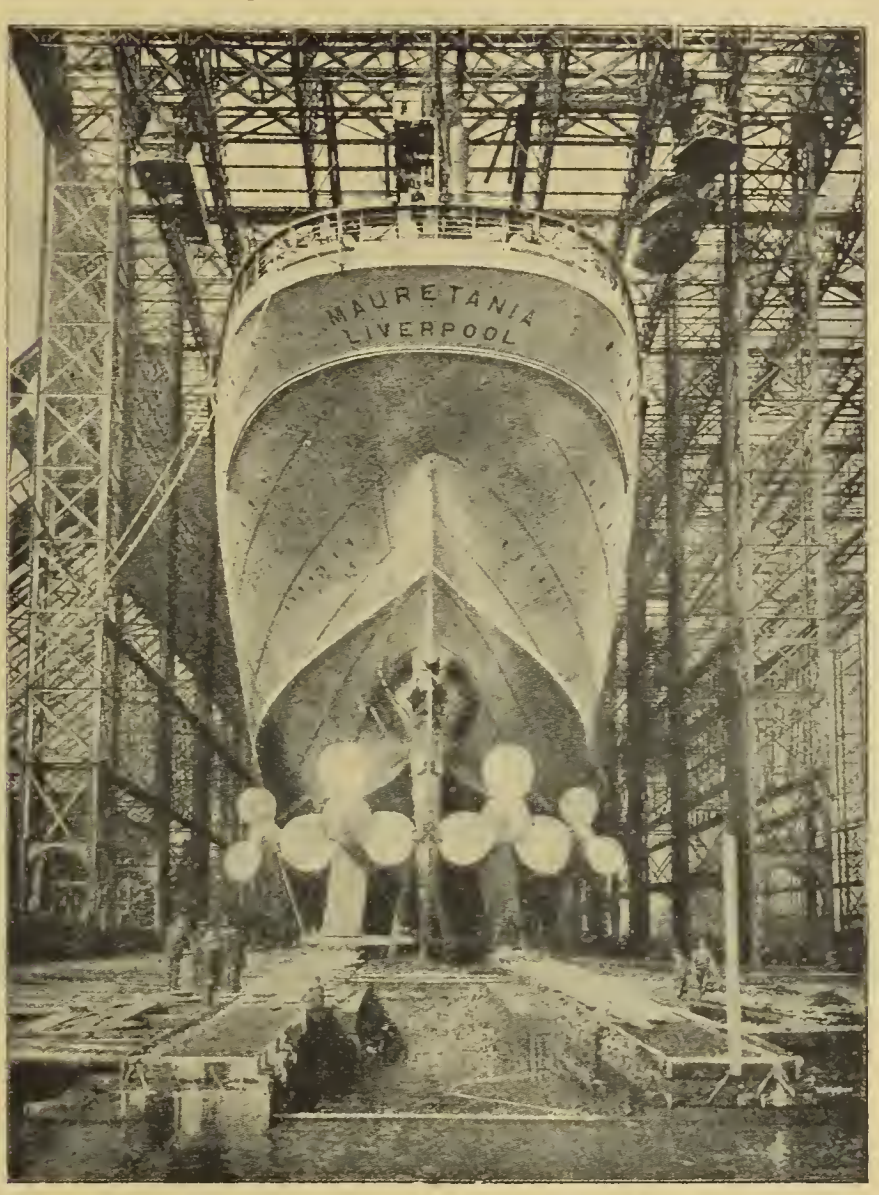


Черт. 60. Океанскій пароходъ «Мавританія» въ эллингѣ во время постройки изъ рисунка видна постройка дна и бортовъ.

и качка судна. Броня дѣлается изъ особой, чаще всего закаленной никелевой стали. Бортовой броней снабжаются такъ называемые броненосцы и большіе крейсера, болѣе легкіе крейсера защищаются только палубной броней и углемъ, помѣщеннымъ по бокамъ машиннаго отдѣленія.

Рѣчныя суда отличаются отъ морскихъ тѣмъ, что они низкобортныя и неглубокосидящія; чаще всего они дѣлаются плоскодонными, безъ киля, что вполнѣ допустимо въ смыслѣ остойчивости, такъ какъ такихъ волненій, какъ на морѣ, на рѣкѣ не

бываетъ. Остойчивость отъ нихъ требуется при меньшихъ углахъ наклоненія. Относительно изгиба они точно такъ же должны быть крѣпкими, но благодаря меньшимъ усиліямъ, которымъ они подвергаются, конструкція ихъ болѣе легкая.



Черт. 61. Пароходъ «Мавританія» въ эллингѣ передъ спускомъ; видъ кормы и 4-хъ двигательныхъ винтовъ.

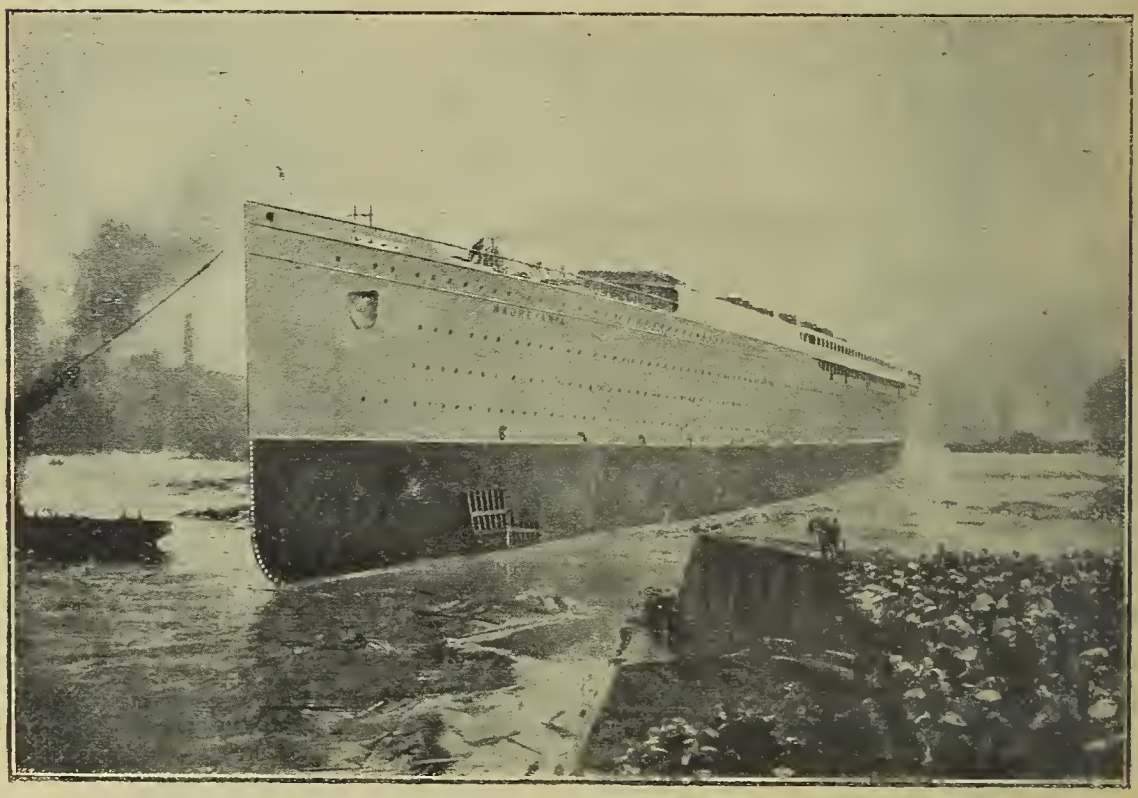
Двигательный механизмъ парохода можно раздѣлить на три органа: паровой котелъ, паровую машину и движитель — колеса и винтъ.

Паровая поршневая машина для движенія судна впервые примѣнена американцемъ Фультономъ въ 1807 году. Его ма-

шина приводила во вращеніе боковыя колеса, примѣненіе же винта началось съ 30-хъ годовъ прошлаго столѣтія.

Реверсивность паровой поршневой машины, или способность ея вращать гребной валъ въ ту и другую сторону, достигается кулиснымъ механизмомъ, подобно тому, какъ это дѣлается на паровозахъ.

Судовыя паровыя машины очень часто строятся тройного и четверного расширенія. Это обусловливается желаніемъ повысить степень тепловой выгодности машины. Обычно приходится со-



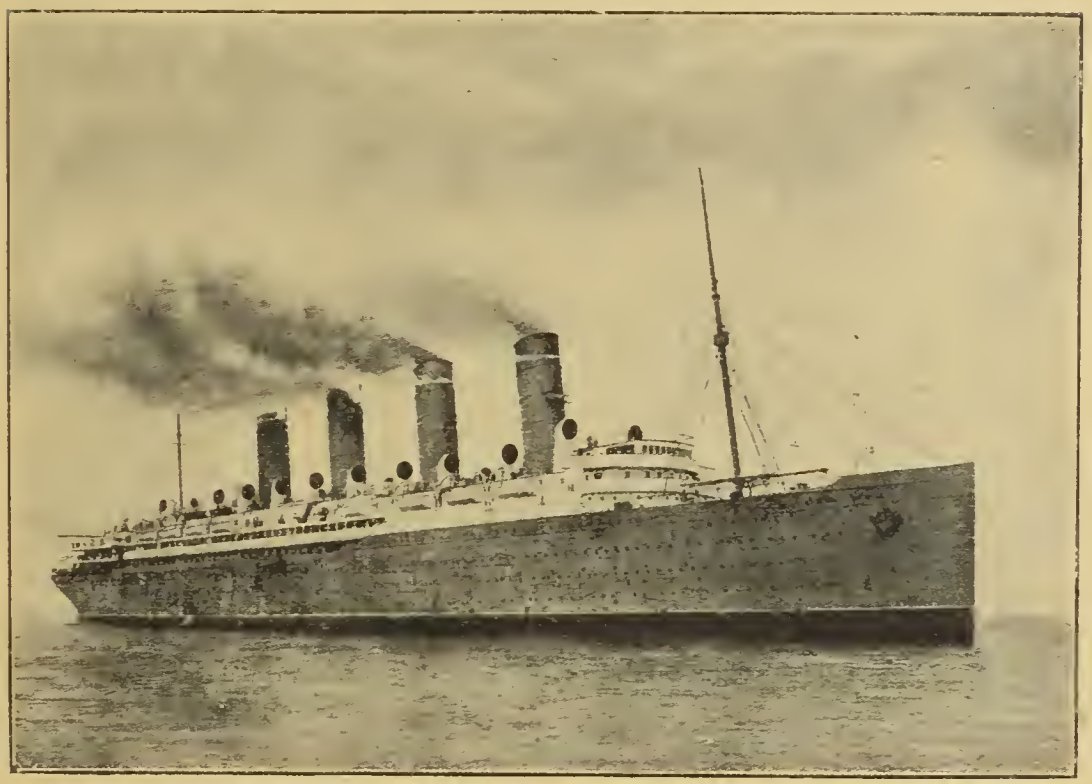
Черт. 62. «Мавританія» тотчасъ послѣ спуска.

ставлять установку изъ двухъ, трехъ и болѣе машинъ, если требуемая мощность слишкомъ велика.

Въ послѣднее время паровыя турбины получили очень широкое распространеніе въ качествѣ судовыхъ машинъ. Паровыя турбины имѣютъ многія преимущества передъ поршневыми машинами: онѣ не даютъ сотрясеній корпуса, проще въ уходѣ и легче, что позволяетъ ставить ихъ бо́льшей силы и давать судну бо́льшую скорость. Обыкновенно ставятъ двѣ турбины высокаго давленія и двѣ низкаго, въ которыя паръ поступаетъ изъ турбинъ высокаго давленія. Такимъ образомъ судно получаетъ четыре гребныхъ винта. Для полученія задняго хода судна на

заднемъ концѣ турбины низкаго давленія располагаютъ группы рядовъ лопатокъ для турбинъ обратнаго хода. При заднемъ ходѣ паръ пускается съ противоположнаго конца и, пройдя турбину, выходитъ въ общую паровыпускную трубу. Турбины для заднаго хода строятся мощностью, равной трети мощности турбины прямого хода.

Паровые котлы пароходовъ по принципу своего устройства схожи съ котлами, работающими на сушѣ; главное, предъявляе-

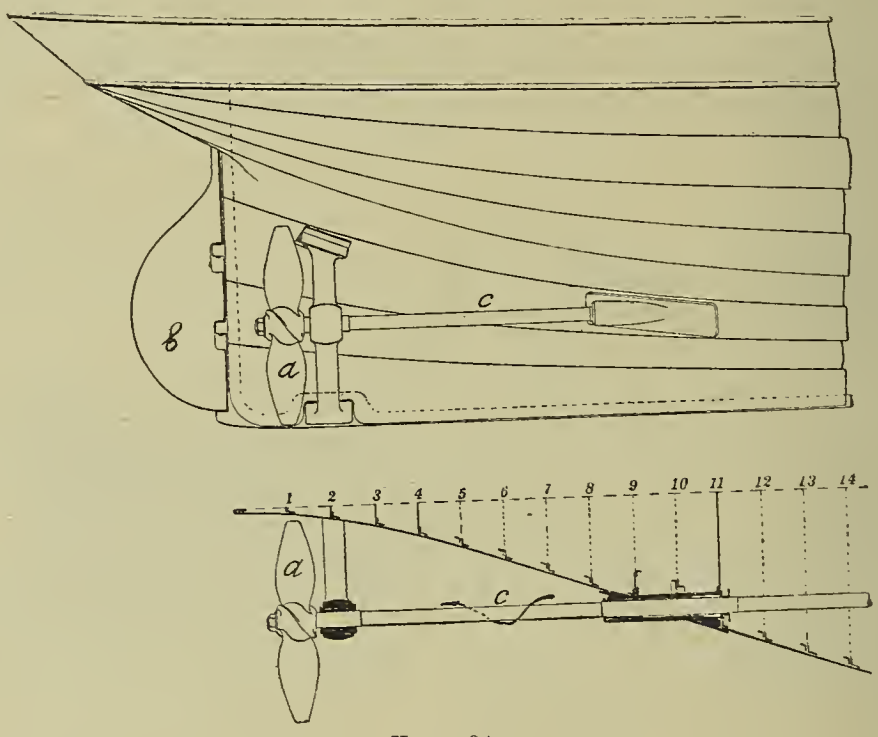


Черт. 63. Мавританія» совершаетъ первый рейсъ между Европой и Америкой (1907). Водоизмѣщеніе 38,000 тонн. Длина 240 метр. Ширина 30 м. Число пассажировъ 2200 чел. Средняя скорость 25 узловъ (43 версты) въ часъ. Между Европой и Америкой переходъ въ $4^1/_2$ дня.

мое къ нимъ, требованіе, чтобы они занимали какъ можно меньше мѣста и вѣса. Устраиваются они съ дымогарными трубами съ обратнымъ ходомъ газовъ или по типу паровознаго котла. Для крупныхъ пароходовъ очень распространены водотрубные котлы.

Дымовыя трубы, клепанныя желѣзныя, для лучшей тяги дѣлаются большого діаметра, но для того, чтобы уменьшить сопротивленіе воздуха во время движенія парохода, трубы дѣлаютъ часто овальнаго сѣченія и наклонными. Трубы не дѣлаются высокими, но все-таки для прохожденія подъ мостомъ иногда ихъ приходится дѣлать откидными.

Въ послѣднее время начали распространяться въ качествѣ судового двигателя машины внутренняго горѣнія, преимущественно двигатели Дизеля. Въ зависимости отъ этого эти судна получили самостоятельное названіе теплоходовъ. Въ настоящее время во Франціи и Англіи начата постройка крупныхъ военныхъ судовъ съ оборудованіемъ двигателями Дизеля. У насъ въ Россіи на Каспійскомъ морѣ и на Волгѣ имѣются коммерческія суда, а на Амурѣ рѣчныя канонерки съ двигателями Дизеля. Въ настоящее время число теплоходовъ непрерывно и быстро ростетъ. При-

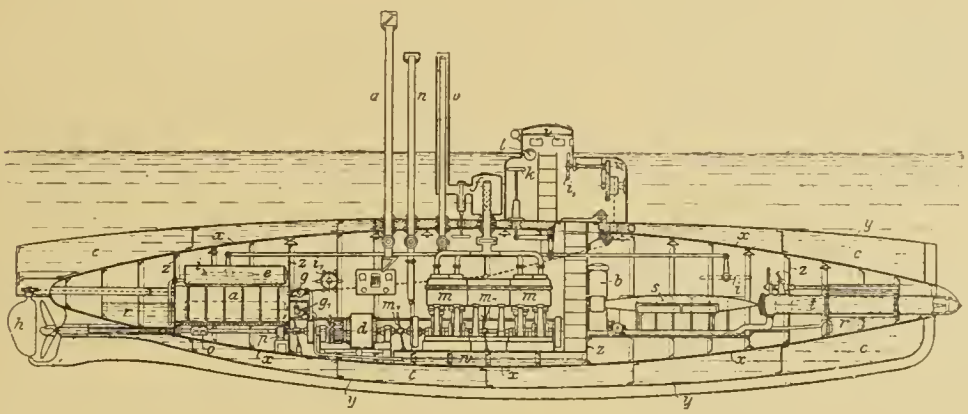


Черт. 64.

чиной этого является экономичность въ расходованіи топлива двигателемъ Дизеля.

Въ военномъ судоходствѣ двигатель Дизеля ставился до сихъ поръ только на малыхъ судахъ вслѣдствіе того, что пока мощность одной машины не превосходитъ 1.000 лошадиныхъ силъ. Для военныхъ судовъ большое значеніе имѣетъ районъ плаванія безъ погрузки топлива. По произведеннымъ подсчетамъ получается, что броненосецъ въ 22.000 тоннъ при нагрузкѣ топлива въ 3.500 тоннъ можетъ пройти въ шесть разъ большій путь съ двигателемъ Дизеля, чѣмъ съ паровыми машинами. Другое важное преимущество въ примѣненіи двигателя Дизеля — это возможность пустить машину черезъ 2 — 3 минуты, тогда какъ при котлахъ для разводки пара требуется нѣсколько часовъ.

Гребные валы колесныхъ судовъ располагаются поперекъ судна. На выступающіе концы вала надѣваются гребныя колеса. Гребныя колеса распространены у рѣчныхъ судовъ, у морскихъ же они получаются очень громоздкими и плохо работаютъ во время качки, то погружаясь, то высовываясь изъ воды, слѣдствіемъ чего является неравномѣрная работа колесъ. Для военныхъ судовъ они неудобны еще потому, что слишкомъ открыты для непріятельскихъ снарядовъ. Этими недостатками не обладаютъ гребные винты. Употребляющіяся системы винтовъ различны. Число лопастей у винта дѣлаютъ отъ 2 до 4. На черт. 64 показана конструкція винта. Лопасти изогнуты и представляютъ часть винтовой поверхности. Онѣ дѣлаются изъ чу-



Черт. 65. Подводная лодка.

гуна, бронзы или ковкой стали, а иногда отливаются за одно со ступицей изъ литой стали. Иногда винты дѣлаются подъемными, именно у судовъ, которыя могутъ ходить самостоятельно подъ парусами.

При вращеніи винта по стрѣлкѣ *c* (черт. 64) лопастями его *a*, изогнутыми, какъ указано на чертежѣ, отбрасывается вода назадъ, отчего получается сила, движущая судно.

Въ заключеніе можно упомянуть еще объ особомъ родѣ судовъ, называемыхъ подводными лодками, плавающихъ совершенно погрузившись въ воду; они имѣютъ примѣненіе въ военномъ дѣлѣ для взрыва военныхъ судовъ. Въ настоящее время подводныя лодки достигли большого совершенства; конструкція ихъ въ различныхъ странахъ различная и держится обычно въ большомъ секретѣ. Подводнымъ судамъ даютъ продолговатую форму, заостренную къ концамъ (черт. 65); поперечное сѣченіе — кругъ или слегка сплющенный эллипсъ; корпусъ дѣлается изъ листового желѣза. Движеніе производится при плаваніи на поверхности дви-

гателями внутренняго горѣнія. Въ погруженномъ состояніи судно перемѣщается при помощи электро-двигателя, питаемаго аккумуляторной батарсей. Судно должно обладать остойчивостью во всѣхъ направленіяхъ. Погруженіе производится при помощи впусканія воды въ особыя камеры, окружающія лодку; подъемъ же — при помощи удаленія этой воды сжатымъ воздухомъ. Лодка снабжается сжатымъ воздухомъ, вентиляціонными приспособленіями механизмами для пусканія минъ, наблюдательной будкой, перископомъ или приборомъ для обозрѣнія поверхности воды, различными сигнальными приспособленіями и пр.

Размѣры, которыхъ достигли въ настоящее время подводныя лодки, выражаются въ слѣдующихъ цифрахъ: водоизмѣщеніе при плаваніи по поверхности до 600 тоннъ, при погруженіи 800 тоннъ, длина 60—65 метр., ширина 5—6 метр., скорость на поверхности 12 — 15 узловъ, при погруженіи почти вдвое медленнѣе.

Районъ плаванія 100 — 450 миль при скорости 10 — 12 узловъ, при погруженіи 75 — 100 миль при скорости 8 — 10 узловъ.

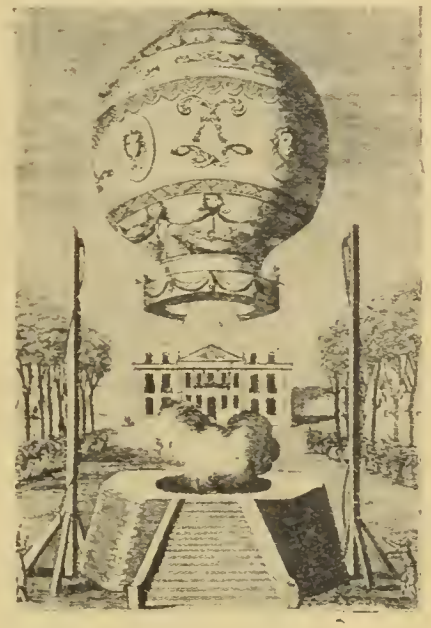
Литература: *Бубновъ. А.* Типы судовъ современнаго военнаго флота. *Левентернъ, А.* Объ устойчивости судовъ. 1902. *Степановъ, П.* Теорія кораблевожденія съ общимъ очеркомъ конструкцій и теоріи корабля. 1907. *Швецовъ, Д.* Элементарныя основы теоріи корабля, примѣнительно къ курсу мореходныхъ училищъ. *Адамовичъ, Н.* Подводныя лодки. 1905. *Головъ, Д.* Подводное судоходство. *Перковскій, Р.* Описанія судовыхъ машинъ. 1906. *Піо-Ульскій, Г.* Проектированіе морскихъ паровыхъ машинъ. 1902. *Содзернъ, Дж.* Судовыя паровыя турбины. 1907. *Жуковъ, М.* Морскія турбины 1909. *Дель-Пропосто, Ч.* Тепловые двигатели въ качествѣ судовыхъ машинъ. 1908. *Филипповъ. Д.* О примѣненіи машинъ съ внутреннимъ сгораніемъ для движенія современныхъ боевыхъ судовъ. *Погодинъ, А.* Судовые двигатели. 1907.

8. Воздухоплаваніе и летаніе (авіація).

Мысль подниматься на воздухъ и пользоваться безбрежнымъ воздушнымъ океаномъ въ качествѣ путей сообщенія почти такъ же стара, какъ человѣческая цивилизація. Такъ, греческій миѳъ о Дедалѣ и его сынѣ Икарѣ гласитъ, что имъ удалось сдѣлать себѣ крылья, при помощи которыхъ они полетѣли, какъ птицы; при этомъ Икаръ черезчуръ увлекся, слишкомъ приблизился къ солнцу, воскъ, скрѣплявшій перья на крыльяхъ, размякъ, Икаръ упалъ на землю и разбился. Въ средніе вѣка вопросомъ летанія интересовался знаменитый художникъ и ученый Леонардо-да-Винчи, какъ о томъ свидѣтельствуютъ наброски, найденные въ его бумагахъ. Первый приборъ, дѣйствительно поднявшійся на воздухъ, былъ бумажный шаръ, наполненный нагрѣтымъ

воздухомъ, сдѣланный во Франціи братьями Монгольфьеръ въ 1783 г. (черт. 66). Въ томъ же году тамъ же профессоръ Шарль устроилъ шаръ, наполненный водороднымъ газомъ. Такимъ образомъ, начало современнаго воздухоплаванія надо считать именно съ 1783 года.

Воздухъ, по мѣрѣ удаленія отъ поверхности земли, становится все рѣже, а слѣдовательно, легче, поэтому шаръ, наполненный легкимъ газомъ, поднимается до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ слоя атмосферы, гдѣ вѣсъ вытѣсняемаго имъ воздуха какъ разъ окажется равнымъ вѣсу шара съ находящимся въ немъ газомъ. Такъ какъ воздухъ при нагрѣваніи становится легче, то имъ можно замѣнять легкій газъ для наполненія воздушнаго шара.



Черт. 66.

Такой шаръ, наполненный газомъ, болѣе легкимъ, чѣмъ воздухъ, называется воздушнымъ шаромъ или воздухоплавательнымъ приборомъ *легче воздуха* въ отличіе отъ другихъ приборовъ *тяжелѣе* воздуха. Въ послѣднихъ подъемная сила получается въ видѣ давленія воздуха на нѣкоторую подвижную или неподвижную поверхность при ея быстромъ движеніи (см. объ этомъ ниже).

Возвращаясь къ описанію приборовъ легче воздуха, нужно отмѣтить, что сейчасъ же послѣ изобрѣтенія воздушнаго шара стали дѣлать шары, способные поднять одного или даже нѣсколько человѣкъ.

Для того, чтобы шаръ могъ поднимать такой грузъ, онъ долженъ имѣть извѣстную подъемную силу. Послѣдняя зависитъ отъ объема легкаго газа, находящагося въ шарѣ, т.-е. отъ емкости, или размѣровъ шара, и отъ удѣльнаго вѣса (легкости) употребляемаго газа.

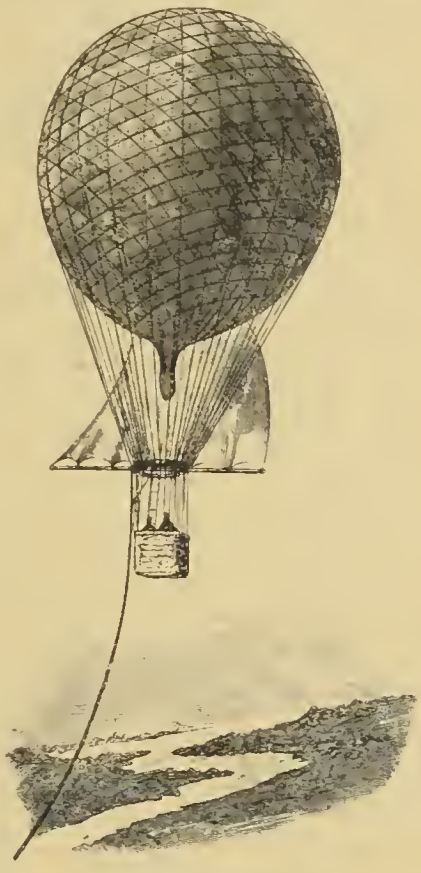
Для наполненія шара пользуются или водородомъ, 1 куб. мт. котораго при атмосферномъ давленіи и нормальной комнатной температурѣ вѣситъ около 0,09 кгр., или такъ называемымъ свѣтильнымъ газомъ, болѣе дешевымъ и удобнымъ въ смыслѣ полученія, гдѣ есть газовые заводы; вѣсъ 1 куб. метра свѣтильнаго газа около 0,52 кгр. Зная, что 1 куб. метръ воз-

духа вѣситъ около 1,19 кгр., легко вычислить объемъ газа, необходимаго для поднятія извѣстнаго груза, напримѣръ, одного человѣка. Считая вѣсъ человѣка 80 кгр., а вѣсъ самого шара со всѣми принадлежностями, скажемъ, 300 кгр., т.-е. всего 380 кгр., мы получимъ, что при наполненіи шара водородомъ, 1 куб. метръ котораго обладаетъ подъемной силой равной разности вѣса воздуха и вытѣснившаго его водорода, т.-е. $1{,}19 - 0{,}09 = 1{,}1$ кгр.; необходимо имѣть шаръ емкостью не менѣе $380 : 1{,}1 = 346$ куб. метр., а при наполненіи свѣтильнымъ газомъ, не менѣе $380 : (1{,}19 - 0{,}52) = 567$ куб. мт. Въ дѣйствительности воздушные шары дѣлаются обыкновенно значительно больше, до 1000—2000 куб. метр. и больше.

Относительно конструкціи шара можно указать слѣдующее: оболочка его дѣлается изъ прочной, по возможности не пропускающей газъ матеріи, прорезиненной шелковой или бумажной, склеенной резиновымъ клеемъ въ два ряда, такъ, чтобы нитки обоихъ рядовъ образовали косые углы, благодаря чему, если на оболочкѣ получится отверстіе, оно не можетъ увеличиться, разрывая ткань вдоль утка или основы. Для большей прочности шаръ окружается плетеной сѣткой изъ бечевокъ. Къ висящимъ внизъ концамъ бечевки привязывается корзина изъ ивовыхъ прутьевъ для помѣщенія людей и необходимаго снабженія воздушнаго путешествія. Какъ извѣстно, по мѣрѣ удаленія вверхъ отъ земли давленіе воздуха постепенно уменьшается, вслѣдствіе чего газъ, находящійся въ воздушномъ шарѣ, при подъемѣ въ верхніе слои атмосферы стремится расшириться и можетъ при этомъ даже разорвать оболочку. Во избѣжаніе этого приходится въ такихъ случаяхъ выпускать нѣкоторое количество газа, для чего шаръ снабжается особымъ выпускнымъ клапаномъ. Такое же чрезмѣрное расширеніе газа въ шарѣ наступаетъ также при нагрѣваніи его лучами солнца, и въ этомъ случаѣ тоже приходится избытокъ газа выпускать черезъ клапанъ.

Для того, чтобы уравновѣсить утечку газа въ шарѣ, какъ вслѣдствіе выпуска его черезъ клапанъ, такъ равно вслѣдствіе неизбѣжной утечки его черезъ оболочку, при всякомъ сколько-нибудь продолжительномъ путешествіи берутъ съ собой балластъ въ видѣ мѣшковъ съ пескомъ. Когда шаръ начинаетъ опускаться, выбрасываютъ за бортъ корзины соотвѣтственную часть песку, и тѣмъ уменьшаютъ нагрузку шара. Пользуясь балластомъ, удается продержаться въ воздухѣ очень продолжительное время, иногда свыше сутокъ, а при соотвѣтствующей скорости вѣтра пролетѣть и значительныя разстоянія, нѣсколько сотъ, даже больше тысячи верстъ.

Въ корзинѣ имѣется четырехлапчатый якорь для облегченія остановки и спуска. Для продолжительныхъ путешествій полезно брать еще такъ называемый «гайдъ-роопъ» — толстый канатъ, конецъ котораго волочится по землѣ. Назначеніе гайдъ-роопа — поддерживать шаръ приблизительно на одной и той же высотѣ безъ расхода балласта: когда шаръ, вслѣдствіе нагрѣванія газа солнечными лучами, начинаетъ подниматься, гайдъ-роопъ поднимается съ земли и увеличиваетъ грузъ корзины, тѣмъ прекращая дальнѣйшій подъемъ. Ночью газъ остываетъ, шаръ начинаетъ опускаться, длина конца гайдъ-роопа, лежащаго на землѣ, увеличивается, а висящаго на воздухѣ уменьшается, т.-е. уменьшается грузъ корзины, и шаръ перестаетъ опускаться.



Черт. 67.

Изъ остального снаряженія воздушнаго шара надо упомянуть еще различные приборы для научныхъ наблюденій, главнымъ образомъ, для опредѣленія высоты нахожденія шара по барометрическому давленію, затѣмъ для опредѣленія температуры и влажности воздуха.

Обыкновенный воздушный шаръ движется силой вѣтра, точнѣе говоря, перемѣщается вмѣстѣ съ перемѣщеніемъ окружающаго его воздуха; такъ, воздухоплаватель, находящійся на шарѣ, подхваченномъ хотя бы бурей, не ощущаетъ никакого движенія воздуха. Пользуясь канатомъ, скользящимъ по землѣ, и парусами (см. черт. 67), возможно отклонить движеніе шара отъ направленія вѣтра на 40—60°. Почти немедленно послѣ изобрѣтеній воздушныхъ шаровъ Монгольфьера и Шарля стали придумывать приспособленія для того, чтобы перемѣщаться по воздуху въ любомъ направленіи, даже противъ вѣтра. Раціональныя попытки начались съ момента примѣненія винта; послѣдній состоитъ изъ 2—4 прямыхъ или нѣсколько изогнутыхъ крыльевъ, или лопастей, прикрѣпленныхъ къ общему валу и образующихъ нѣкоторый небольшой уголокъ съ плоскостью вращенія. При вращеніи винтъ какъ бы ввинчивается въ воздухъ, увлекая за собой валъ и то, къ чему валъ прикрѣпленъ (черт. 68).

Послѣ ряда попытокъ примѣненія движущей силы мотора для передвиженія воздушнаго шара Жиффаромъ въ 1852 г., Дюпюи-де-Ломмомъ въ 1872 г., Тисандье въ 1881 г., Ренаромъ въ 1884 г., успѣхи, достигнутые Сантосъ-Дюмономъ въ 1901 г. благодаря примѣненію автомобильнаго бензиннаго мотора, доказали возможность осуществленія управляемаго шара — *дирижабля*.

Такъ какъ подъемная сила дирижабля невелика, а сопротивленіе его значительно, то при большихъ скоростяхъ движенія, необходимыхъ, чтобы получить возможность управленія при вѣтрѣ, мощность мотора должна быть большой при небольшомъ вѣсѣ его. Въ настоящее время строятся двигатели, которые, напримѣръ, при мощности въ 50 лошадиныхъ силъ вѣсятъ всего 75 кгр. и даже еще меньше. Эти двигатели даютъ возможность достигать скорости до 12—15 метр. въ сек. Разумѣется, при такихъ значительныхъ скоростяхъ встрѣчный воздухъ оказываетъ очень большое сопротивленіе движенію, производитъ очень большое давленіе на носовую часть корабля. Этой части приходится не только придавать соотвѣтствующія очертанія, заострять ее, чтобы она легче разрѣзала воздухъ, какъ острый носъ лодки воду, но и дѣлать такой конструкціи, чтобы давленіе воздуха ее не вдавливало. Эта задача разрѣшается различными конструкторами совершенно различнымъ способомъ: одни, какъ Парсеваль, офицеръ нѣмецкаго военнаго воздухоплавательнаго парка, достигаютъ неизмѣняемости формы своего корабля при движеніи тѣмъ, что сдѣлавъ очень прочную оболочку, держать ее туго натянутой давленіемъ газа. Чтобы поддерживать это давленіе постояннымъ, независимо отъ неизбѣжной утечки газа и колебаній температуры газа, внутри главнаго шара имѣются два меньшихъ, называемыхъ баллонетами, которые могутъ растягиваться подъ вліяніемъ нагнетаемаго въ нихъ особыми вентиляторами воздуха. Для увеличенія давленія газа въ главномъ шарѣ въ

Черт. 68.

Черт. 69.

баллонеты добавляютъ воздуха, для уменьшенія — выпускаютъ. Кромѣ того, впуская больше воздуха въ баллонетъ, находящійся у передняго конца, можно заставить этотъ конецъ нѣсколько опуститься и, наоборотъ, вслѣдствіе этого при движеніи дирижабль будетъ опускаться или подниматься.

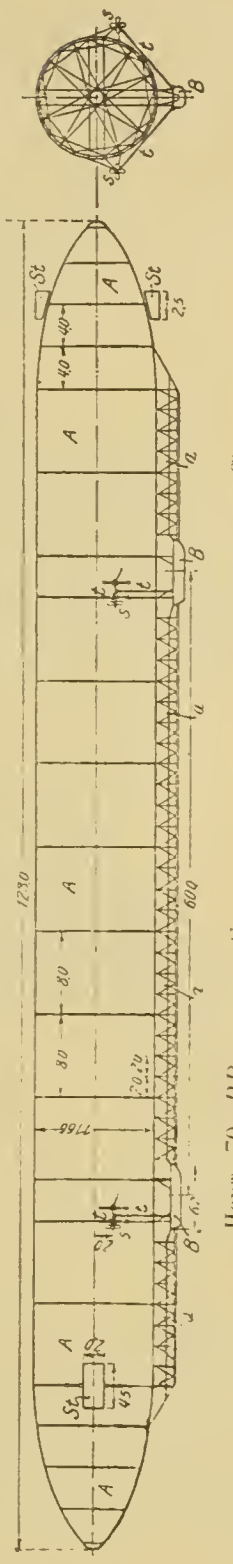
На черт. 69 изображена фотографія съ воздушнаго корабля Парсеваля. Сзади внизу виденъ руль, а надъ нимъ по бокамъ двѣ плоскости, напоминающія плавники рыбы, служащіе для приданія дирижаблю болѣе спокойнаго движенія. На снимкѣ виденъ еще спускающійся въ лодку рукавъ, по которому нагнетается воздухъ въ баллонеты.

На черт. 70 изображенъ воздушный корабль Цеппелина, представителя второй, такъ называемой жесткой системы. Остовъ корабля состоитъ изъ металлической, алюминіевой конструкціи, обтянутой снаружи непроницаемой шерстяной матеріей. Внутри остова находятся отдѣльные баллоны, до 18 штукъ, изъ газонепроницаемой матеріи (черт. 71).

Кромѣ описанныхъ мягкаго и жесткаго типа управляемыхъ кораблей, существуетъ такъ называемый полужесткій, съ мягкимъ шаромъ, но жесткимъ остовомъ подъ нимъ для прикрѣпленія лодки съ двигателями и винтами. Первый воздушный корабль такого типа былъ построенъ во Франціи Лебоди (черт. 74).

Въ Россіи управляемые воздушные корабли, мягкаго и полужесткаго типа, имѣются и продолжаютъ строиться въ военномъ воздухоплавательномъ паркѣ въ С.-Петербургѣ.

Переходя къ воздухоплавательнымъ приборамъ тяжелѣе воздуха, нужно замѣтить, что ихъ принято разбивать на 3 типа: на орнитоптеры, геликоптеры и аэропланы. Орнитоптерами (иногда ортоптерами) называются приборы, которые поддерживаются въ воздухѣ и передвигаются ударами крыльевъ, наподобіе птичьихъ.

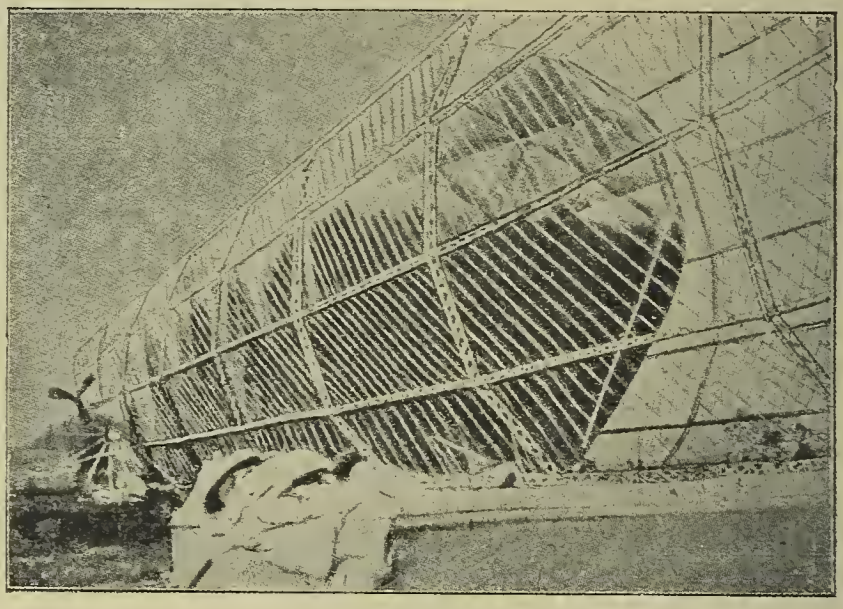


Черт. 70. *BB* — лодки; *S* — воздушные винты; *aa* — галереи; *St* — руль.

Небольшія модели такихъ приборовъ совершали довольно удачные полеты, но крупнаго прибора, способнаго поднять человѣка, этого типа до сихъ поръ еще не

построено. Геликоптерами называются приборы, которые поддерживаются въ воздухѣ при помощи винтовъ, такихъ же, какъ упомянутые выше, примѣняемые для передвиженія воздушныхъ кораблей, но только съ вертикальной осью. Такой винтъ при вращеніи какъ бы ввинчивается въ воздухъ и можетъ поднять довольно значительный грузъ. Однако до сихъ поръ еще не удалось построить такой геликоптеръ, который могъ бы поднять хотя бы только собственный вѣсъ и необходимый для вращенія винтовъ двигатель.

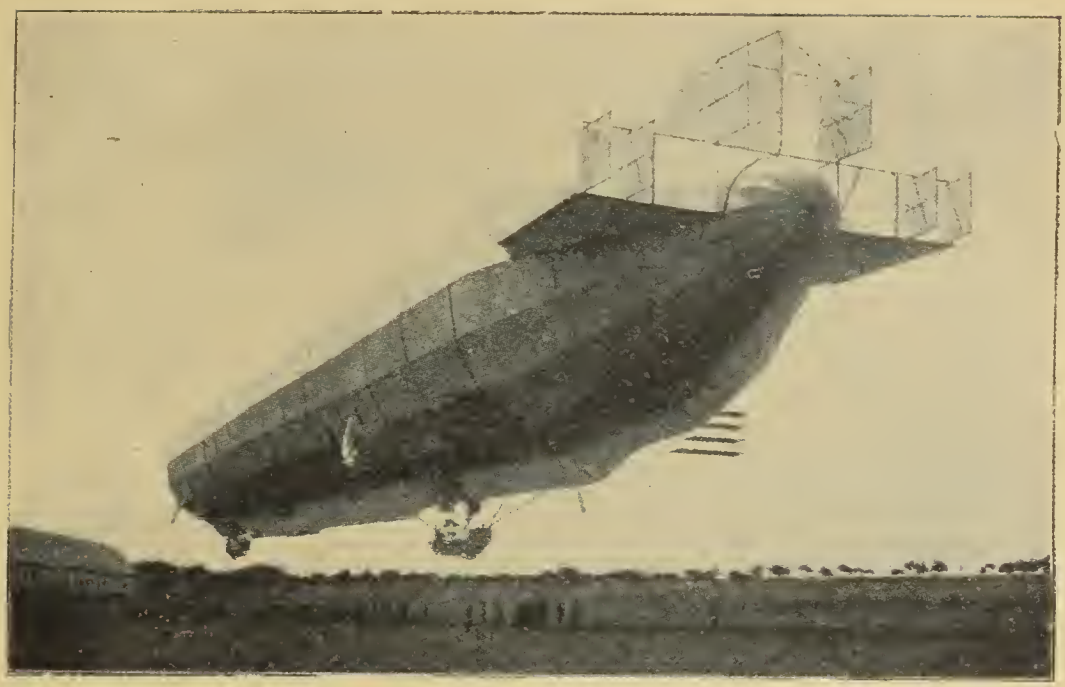
Единственный типъ прибора, достигшій въ настоящее время практическаго осуществленія — это аэропланъ, или приборъ, въ



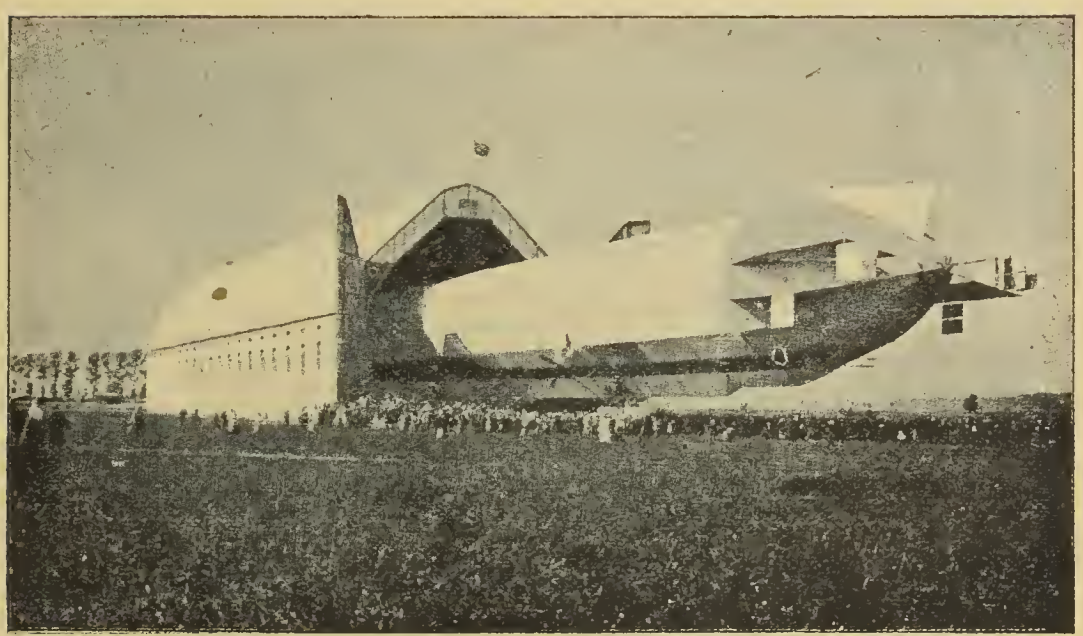
Черт. 71.

которомъ подъемная сила получается отъ быстраго движенія нѣкоторой плоской или слегка вогнутой поверхности, образующей небольшой уголъ съ горизонтомъ (черт. 75). Перемѣщеніе аэроплана въ воздухѣ достигается при помощи такихъ же воздушныхъ винтовъ, какъ и у управляемыхъ аэростатовъ.

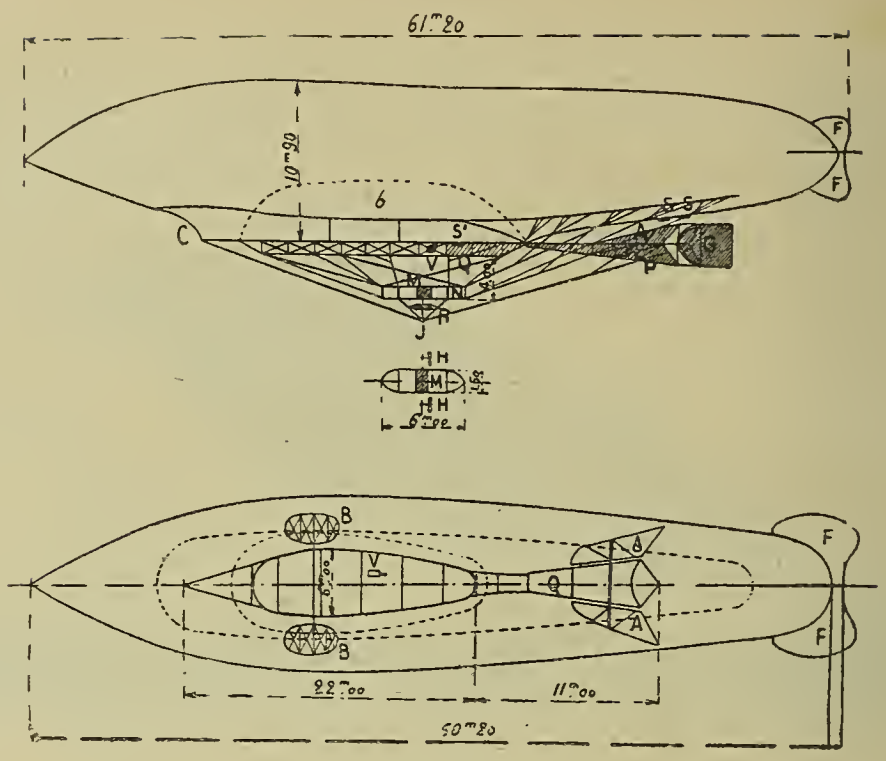
На черт. 75 изображены плоская и изогнутая пластины, неподвижныя въ потокѣ воздуха, движущагося, какъ указано стрѣлкой. При данномъ положеніи пластинъ воздухъ ударяетъ на нихъ снизу и производитъ этимъ давленіе, направленное вверхъ и слегка отклоненное направо отъ вертикали. Если давленіе воздуха P на пластину, взятое по вертикальному направленію, равно вѣсу пластины, то послѣдняя будетъ держаться въ воздухѣ; на этомъ основано летаніе змѣя (см. черт. 76). Если предположить, что воздухъ неподвиженъ, а пластина движется



Черт. 72. Дирижабль Цеппелина. Длина 148 метр., діаметръ 14 метр. Объемъ 19,100 куб. метр. Скорость полета около 60 километровъ въ 1 часъ.

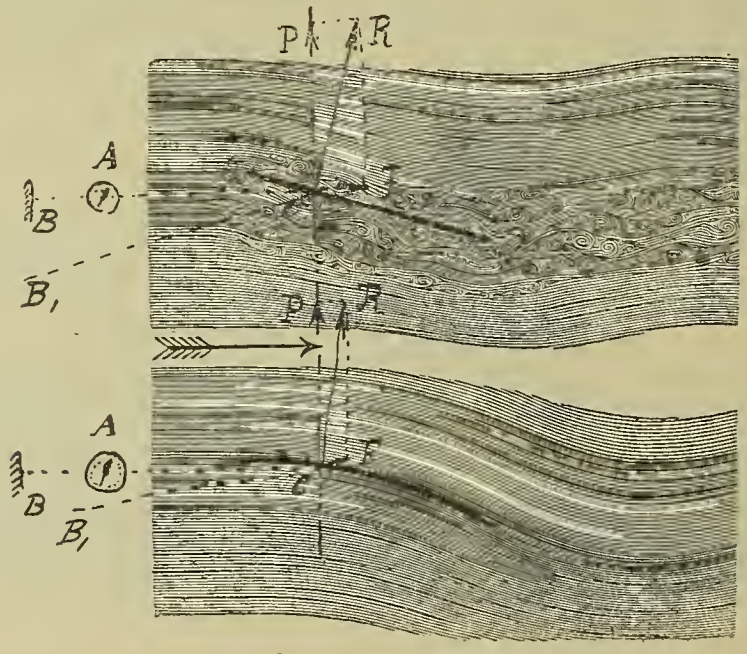


Черт. 73. Дирижабль Цеппелина при выводѣ его изъ ангара.



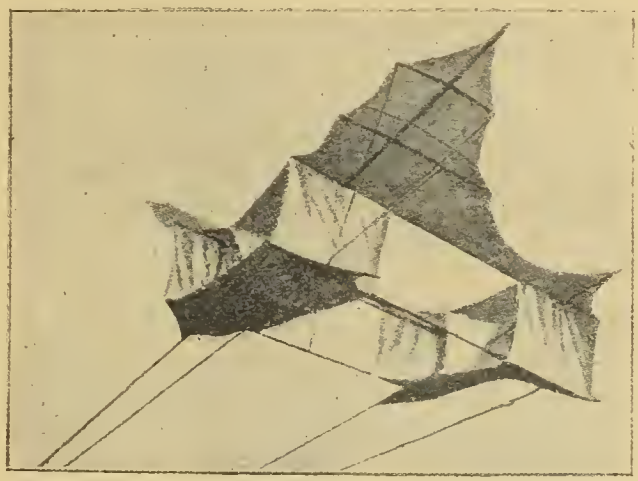
Черт. 74.

въ немъ горизонтально въ направленіи, обратномъ стрѣлкѣ на черт. 75, но съ той же скоростью, съ которой двигался воздухъ при неподвижной пластинѣ, то отъ взаимодѣйствія воздуха и пластины образуется такая же сила, уравновѣшивающая вѣсъ

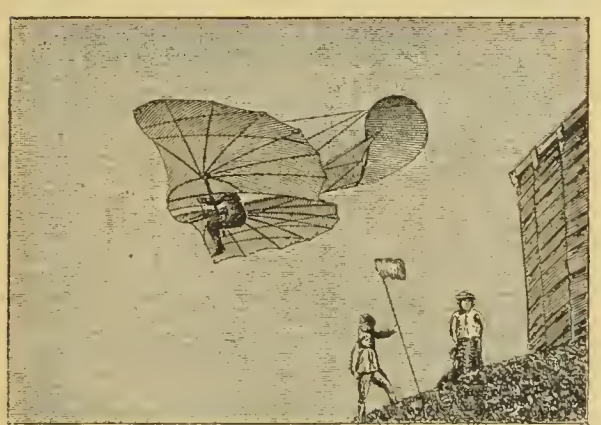


Черт. 75.

пластины; на этомъ основанъ полетъ *аэроплана*. Когда пластина помѣщена въ потокѣ воздуха, то давленіе послѣдняго R отклоняется немного отъ вертикали (черт. 75); поэтому, чтобы удержать пластину отъ горизонтальнаго перемѣщенія, необходимо закрѣпить ее, напримѣръ, привязавъ ее горизонтальной нитью BC; если при этомъ укрѣпить на нити динамометръ A, то можно измѣрить силу F, съ которой потокъ воздуха давитъ на пластину въ горизонтальномъ направленіи. При этомъ оказывается, что у изогнутыхъ пластинъ (какъ на черт. 75 внизу) сила F меньше, чѣмъ у прямыхъ; поэтому выгодно для аэропланов примѣнять изогнутыя *поддерживающія поверхности*, такъ какъ при этомъ сила, необходимая для движенія аэроплана, а вмѣстѣ съ ней и сила мотора, будетъ меньше. Если представить себѣ пластину, двигающуюся въ спокойномъ воздухѣ не горизонтально, но наклонно къ горизонту, и при этомъ такимъ образомъ, чтобы давленіе на нее воздуха R (черт. 75), сдѣлалось вертикальнымъ (для этого нужно повернуть пластину такъ, чтобы R совпало съ P); тогда прежде горизонтальный путь CB приметъ наклонное положеніе CB_1, по которому будетъ двигаться пластина лишь подъ дѣйствіемъ собственнаго вѣса (безъ мотора); этотъ видъ полета называется *скользящимъ полетомъ*; аппаратъ, совершающій его,— *планеромъ*. Скользящій полетъ очень часто примѣняютъ птицы, когда онѣ съ неподвижными, распростертыми крыльями спускаются внизъ съ возвышеннаго мѣста.



Черт. 76.

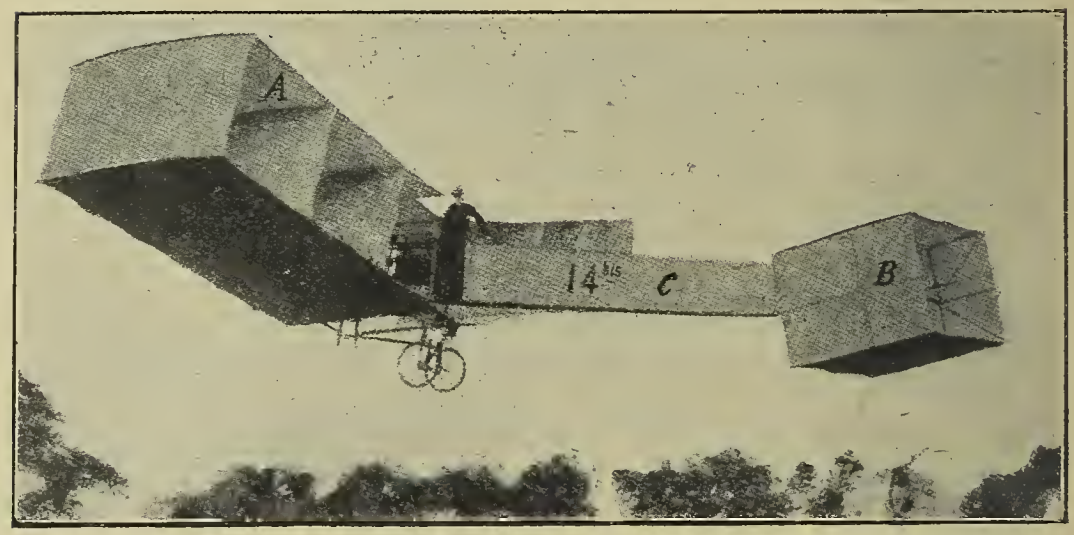


Черт. 77.

Первымъ, предложившимъ этотъ способъ, самъ усердно занимавшійся имъ, былъ нѣмецкій инженеръ Отто Лиліенталь. На черт. 77 изображенъ снимокъ съ Лиліенталя во время полета.

Лиліенталь погибъ 1896 г. во время полета; его дѣло продолжали: Пильчеръ въ Англіи, Шанютъ и братья Райтъ въ Америкѣ и Ферберъ во Франціи.

Два основныхъ правила конструкціи поддерживающихъ поверхностей аэроплана, найденныя надъ полетами съ планерами, такъ равно и чисто научными изслѣдованіями, состоятъ въ томъ, что поверхности должны быть продолговаты и двигаться длинной стороной впередъ, и во-вторыхъ, онѣ должны быть слегка вогнуты. И то и другое правило соблюдается въ крыльяхъ птицъ,

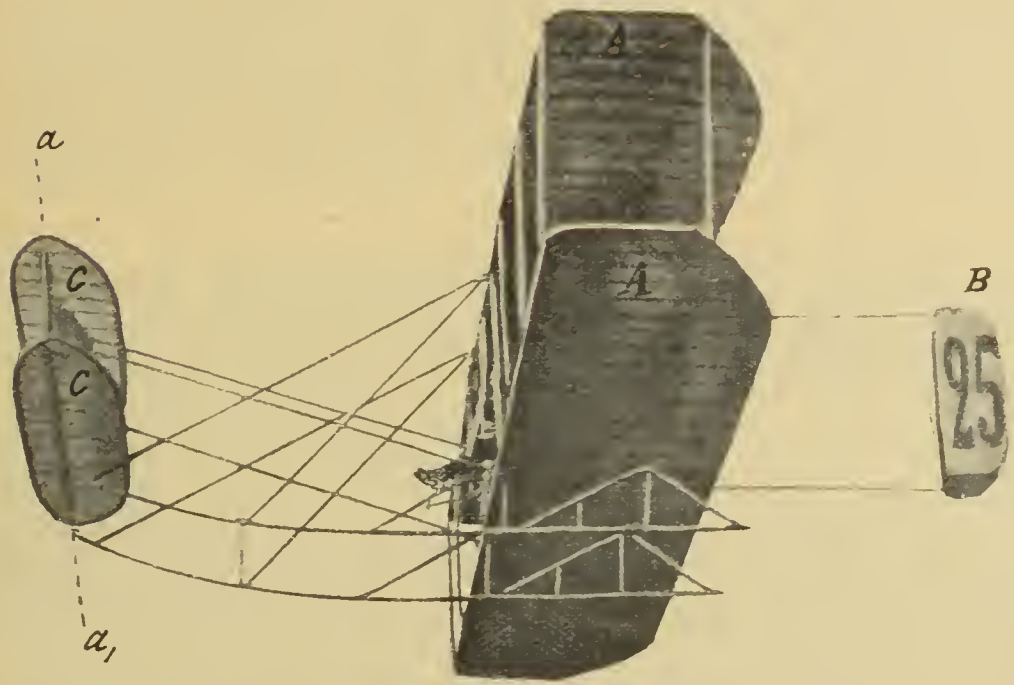


Черт. 78. Аэропланъ Сантосъ-Дюмона; летитъ слѣва направо.

изученіе полета которыхъ тоже сыграло немалую роль въ дѣлѣ развитія авіаціи.

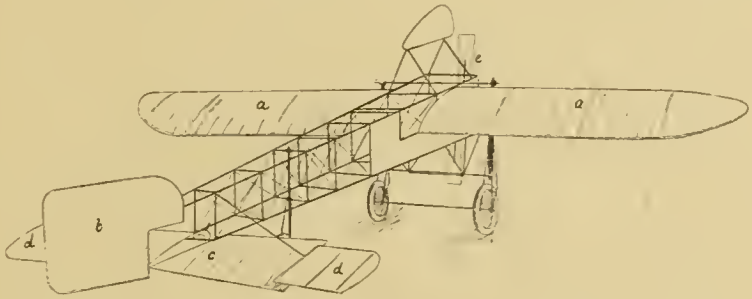
Достигнутые успѣхи Лиліенталемъ и его послѣдователями летанія скользящимъ полетомъ на планерахъ дѣлали естественнымъ стремленіе къ продолжительнымъ полетамъ; для этого необходимо было снабдить планеръ двигательной силой помощью мотора; моторъ долженъ быть сильнымъ и легкимъ; впервые удалось осуществить полетъ на аэропланѣ, снабженномъ моторомъ, братьямъ Райтъ въ Америкѣ въ 1903 г., державшимъ въ секретѣ свои опыты до 1908 г.; независимо отъ нихъ во Франціи Сантосъ-Дюмонъ въ 1906 г. совершилъ первый полетъ въ Европѣ на аэропланѣ собственной конструкціи, построенномъ по типу змѣя Гарграва, снабдивъ его спеціально построеннымъ моторомъ (черт. 78). *Аппаратъ Райта* (черт. 79); *AA* двѣ поддержи-

вающія поверхности, расположенныя одна надъ другой на разстояніи немного менѣе 2 метр.; длина ихъ 12,5 метр.; ширина 2 метр.; сзади (см. черт. 81) два винта, діаметромъ въ 2,6 метр., приводимые во вращеніе 25-сильнымъ двигателемъ. Въ послѣднее



Черт. 79. Аэропланъ Райта (первоначальная конструкція).

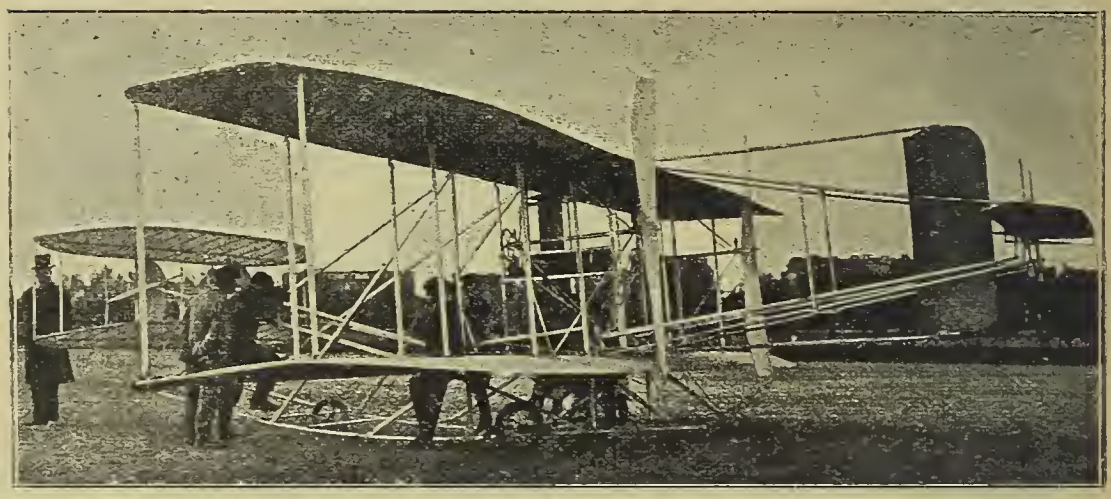
время, для достиженія большей скорости, ставятъ болѣе сильные двигатели — до 50 — 60 лош. силъ; *C* — такъ называемый руль глубины: при поворотѣ его поверхностей около горизонтальныхъ



Черт. 80.

осей a a_1 такъ, что передніе края поднимаются, а задніе опускаются, аэропланъ будетъ подниматься, при поворачиваніи въ обратную сторону—опускаться; *B*—поворотный руль для поворачи-

ванія вправо и влѣво. Устойчивость въ поперечномъ направленіи достигается изгибомъ ихъ; если, напр., подъ лѣвой половиной крыла вслѣдствіе порыва вѣтра окажется бо́льшее давленіе и аэропланъ наклонится вправо, то изгибаютъ концы крыльевъ такъ, чтобы передняя лѣвая и задняя правая кромки опустились, а задняя лѣвая и передняя правая поднялись, тогда лѣвое крыло начинаетъ какъ бы опускаться, а правое подниматься, и аэропланъ выпрямится, равновѣсіе будетъ возстановлено. Человѣкъ, управляющій аппаратомъ, летчикъ, или, какъ называютъ еще, пилотъ, сидитъ передъ двигателемъ. Вѣсъ всего прибора около 450 кгр.



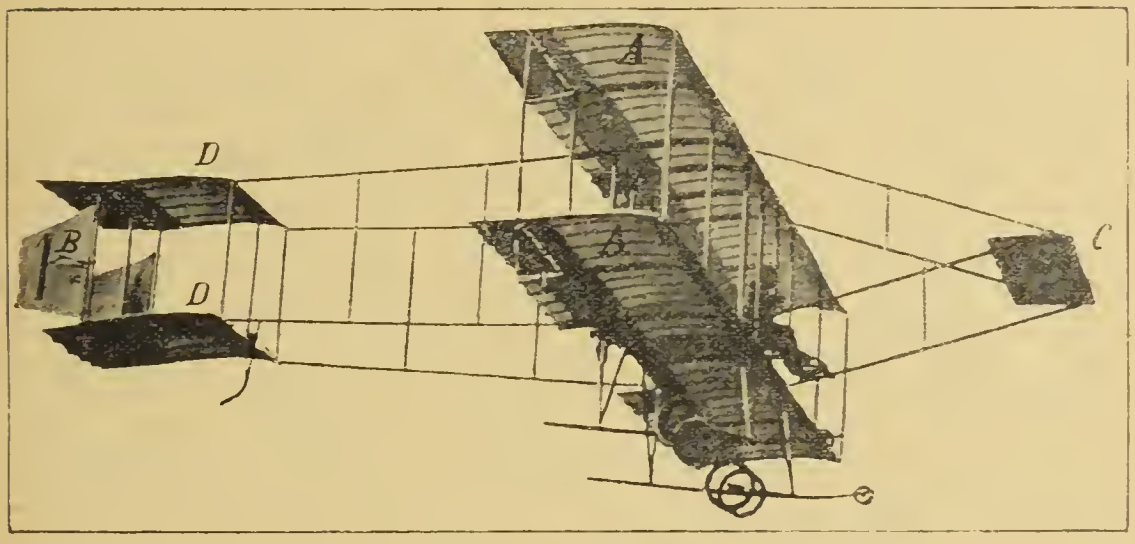
Черт. 81. Аэропланъ Райта (новѣйшая конструкція).

Аппаратъ Райта имѣетъ двѣ подъемныя поверхности и называется поэтому *биплано́мъ*. На черт. 82 показанъ бипланъ Фармана; существенно въ немъ, по сравненію съ аппаратомъ Райта, устройство сзади небольшихъ поверхностей *DD — хвоста*, помощью котораго достигается бо́льшая устойчивость аппарата. Колеса, видныя на черт. 82, служатъ для взлета. Такъ какъ подъемная сила получается отъ движенія съ опредѣленной скоростью, то аппаратъ движется сначала на колесахъ по землѣ и взлетаетъ, когда пріобрѣтетъ достаточную скорость.

Въ новыхъ аппаратахъ Райта (черт. 81) также примѣняютъ хвостъ и колеса для разбѣга при взлетѣ.

Существуютъ аэропланы съ одной поверхностью, такъ называемые монопланы; одинъ изъ наиболѣе интересныхъ представителей ихъ — моноплапъ француза Блеріо, на которомъ онъ первый перелетѣлъ лѣтомъ 1909 года черезъ проливъ Ла-Маншъ

изъ Франціи въ Англію. На черт. 80 изображенъ перспективный видъ его сзади: *a* крылья, длиной 8 метровъ, шириною 1,75 метра; *b* поворотный руль; *c* хвостъ, *dd* поворачивающіеся около горизонтальной оси концы его, служащіе рулями глубины; въ то же время крылышки *d*, *d* служатъ для сохраненія поперечной устойчивости, такъ какъ могутъ говорачиваться въ разномъ направленіи: если надо, напримѣръ, опустить правое крыло и поднять лѣвое, то переднюю кромку праваго крылышка опускаютъ, а лѣваго поднимаютъ, и наоборотъ. (Въ аппаратахъ Блеріо теперь боковая устойчивость достигается искривленіемъ главныхъ поверхностей).. Вѣсъ моноплана Блеріо



Черт. 82. Русскій летчикъ Ефимовъ на Фарманѣ.

250 клг. безъ двигателя. На немъ ставится двигатель отъ 30 до 100 лошадиныхъ силъ, смотря по скорости, которой хотятъ достичь.

Аппараты Райта, Фармана и Блеріо являются основными типами, изъ которыхъ развились многочисленныя въ настоящее время конструкціи летательныхъ машинъ.

Въ заключеніе укажемъ рядъ успѣховъ, достигнутыхъ аэропланами: есть перелеты надъ населенными мѣстностями въ нѣсколько сотъ верстъ длиной, продолжительностью по 6—8 часовъ безъ спуска. Наибольшая достигнутая скорость пока составляетъ около 140 верстъ въ часъ. Въ высоту удалось подниматься на 4.000—4.500 метр. Въ послѣднее время все учащаются полеты съ пассажирами, число которыхъ доходитъ до 6—8.

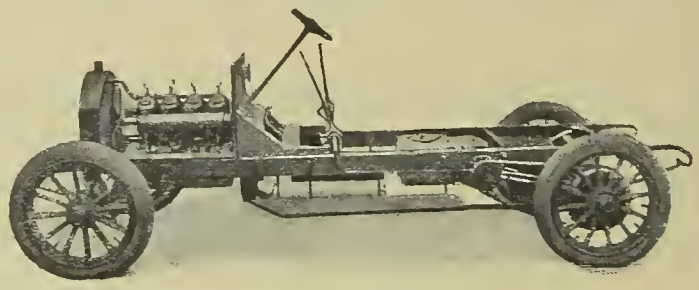
Достигнутые поразительные успѣхи не обошлись безъ жертвъ: погибъ во время полета на планерѣ Лиліенталь, погибъ при па-

деніи съ аэропланомъ Ферберъ, погибъ Шовезъ, перелетѣвъ черезъ Альпы изъ Швейцаріи въ Италію, въ Россіи погибли капитанъ Маціевичъ, братья Мацѣевичъ-Матыевичи.

Франкъ, Воздухоплаваніе. 1910 г. Ц. 2 р. 25 к.; Воздухоплаваніе (въ 4-хъ томахъ). Спб., 1910—1912 гг. Ц. 16 р.; *Маршисъ*, Человѣкъ-птица. Спб., 1910 г. Ц. 45 к.; *Форрейтеръ*, Аэропланы. Спб., 1910. Ц. 85 к.; *Нимфюръ*, Воздухоплаваніе. Одесса, 1910 г. Ц. 90 к. Промышленность и техника, т. XI. Ц. 6 р. Журналы: «Вѣстникъ воздухоплаванія». Спб. Ц. 9 р. въ годъ. «Воздушный путь». Спб. Ц. 4 р. 50 к. «Воздухоплаватель». Спб. Ц. 5 р.

9. Автомобиль.

Автомобилями называются самодвижущіяся повозки, назначеніе которыхъ перевозить людей и грузы по обыкновеннымъ и шоссейнымъ дорогамъ. Автомобили различаются по роду двигателей, отъ которыхъ они приводятся въ движеніе, на три группы: на бензиновые, паровые и электрическіе. Паровые автомобили имѣютъ достоинствомъ запасъ двигательной силы, присущій паровой машинѣ и позволяющій увеличивать работу машины на подъемахъ и на плохихъ дорогахъ; но зато они имѣютъ крупный недостатокъ — громоздкость и сравнительно большой вѣсъ, такъ какъ, кромѣ машины, на нихъ имѣется паровой котелъ и запасъ воды. Паровые котлы у автомобилей отапливаются нефтью или керосиномъ. Въ настоящее время паровые автомобили строятъ преимущественно въ качествѣ грузовозовъ. Элек-

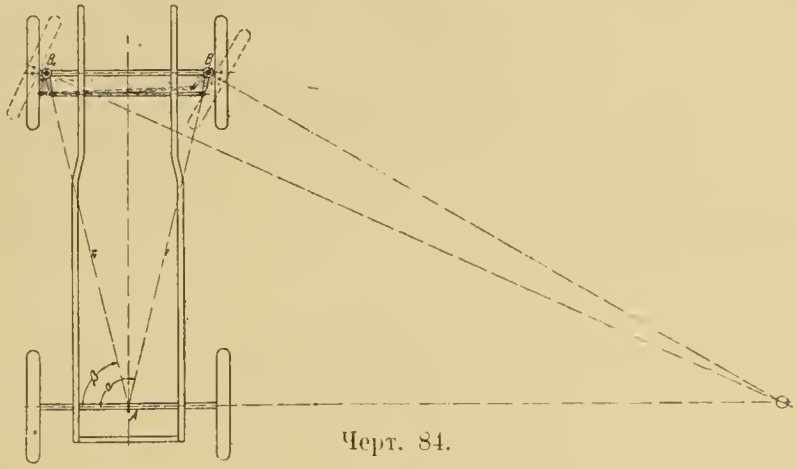


Черт. 83.

трическіе автомобили пока тоже не имѣютъ большого распространенія, такъ какъ существующія аккумуляторныя батареи громоздки, дороги и очень быстро изнашиваются. Тѣмъ не менѣе электрическіе автомобили обладаютъ большими достоинствами: эластичностью и безшумностью дѣйствія и простотою управленія. Самымъ широкимъ распространеніемъ пользуются бензиновые авто-

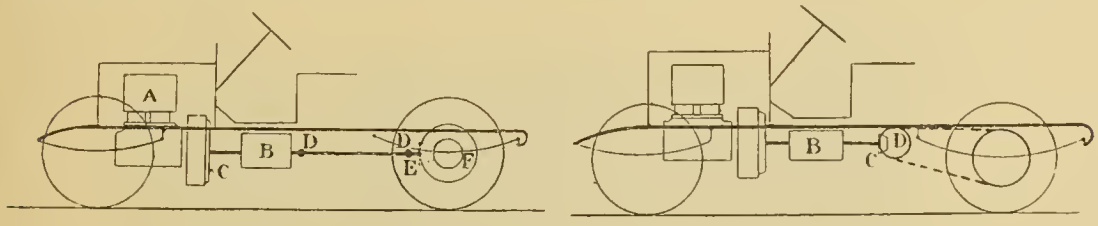
мобили, благодаря ихъ достаточной надежности въ пути, сравнительно небольшому вѣсу и дешевому содержанію.

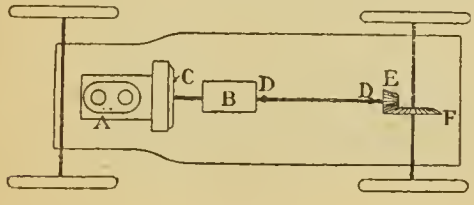
Идея создать самодвижущуюся повозку относится ко времени изобрѣтенія паровой машины. Довольно удачная модель паровой



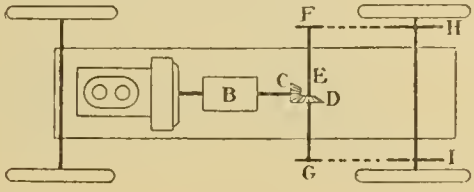
Черт. 84.

самодвижущейся повозки была осуществлена однимъ изъ мастеровъ Уатта, однако прошло болѣе 100 лѣтъ, прежде чѣмъ автомобили вошли въ жизнь. Развитіе автомобилей начинается съ 90-хъ годовъ прошлаго столѣтія. Къ этому времени были уже въ ходу резиновыя шины и бензиновые двигатели, сильно способствовавшіе развитію автомобильнаго дѣла.





Черт. 85.

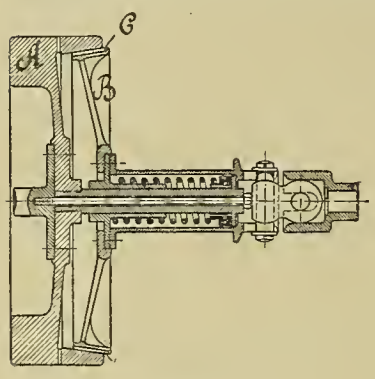


Черт. 86.

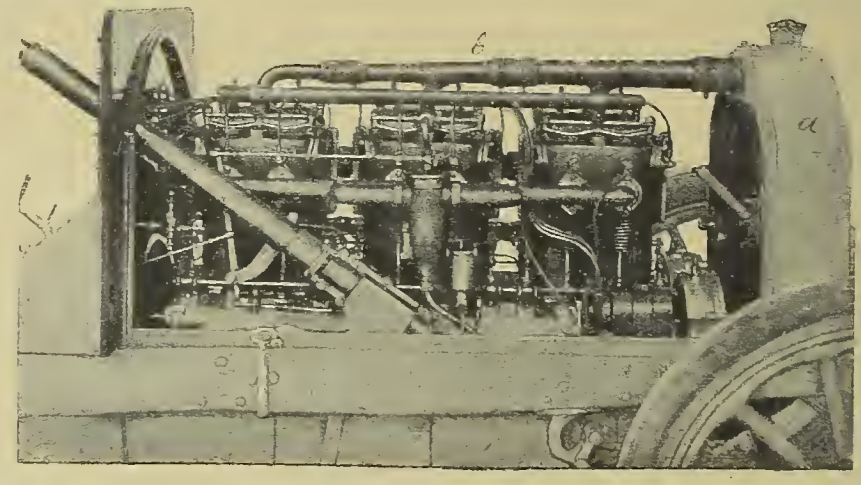
Автомобиль современнаго типа можно расчленить на двѣ главныя составныя части: на остовъ или раму съ двигателемъ и передачею, и на кузовъ, устраиваемый согласно назначенію.

На чертежѣ 83 показана автомобильная рама съ размѣщеннымъ на ней четырехцилиндровымъ двигателемъ. Рама покоится

на рессорахъ, которыя укрѣплены на осяхъ. Передняя часть рамы сужена, чтобы удобнѣе поворачивать переднія колеса. Каждое переднее колесо поворачивается около своей самостоятельной оси; этими колесами и производится направленіе движенія автомобиля. При поворотѣ автомобиля переднія колеса поворачиваются такъ, что продолженія ихъ осей пересѣкаются на продолженіи задней оси (черт. 84). Отъ двигателя приводятся во вращеніе обыкновенно заднія колеса; они даютъ движеніе автомобилю, а потому называются ведущими. Эти колеса должны обладать опредѣленной силой сцѣпленія съ путемъ, которая въ значительной степени зависитъ какъ отъ пути, такъ и отъ шины. Считаютъ, что сила сцѣпленія на сухой дорогѣ равна $^2/_3$ давленія на колесо. Такъ, напримѣръ, если на колесо давленіе 15 пуд., то сила сцѣпленія 10 пуд., а для двухъ заднихъ колесъ 20 пуд., т.-е. автомобиль можетъ преодолѣвать сопротивленіе движенію въ 20 пудовъ, при бо́льшемъ же сопротивленіи колеса будутъ скользить. Въ виду того, что бензиновый двигатель работаетъ экономично только при опредѣленной нагрузкѣ и числѣ оборотовъ, необходимо имѣть нѣсколько пере-



Черт. 87.

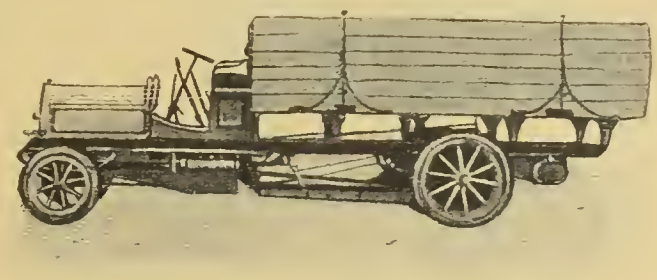


Черт. 88.

дачъ. Для этого на валу двигателя ставятся нѣсколько зубчатыхъ колесъ, изъ которыхъ каждое можетъ быть по отдѣльности соединено съ зубчатыми колесами вала, идущаго къ задней оси. Отношеніе числа зубцовъ у передаточныхъ колесъ различное, благодаря чему ведущимъ колесамъ можно дать то или

иное число оборотовъ. Поэтому, когда автомобиль начинаетъ подниматься на гору, то число оборотовъ заднихъ колесъ уменьшаютъ, въ то время какъ валъ двигателя продолжаетъ вращаться съ прежнею скоростью.

Въ настоящее время самыми употребительными передачами вращенія заднимъ колесамъ служатъ карданъ и цѣпи. Карданомъ называется валъ, имѣющій на концахъ два шарнира. Такой валъ необходимъ потому, что ось заднихъ колесъ лежитъ подъ рессорами, тогда какъ двигатель стоитъ на рамѣ. Поэтому при подъемахъ и спускахъ задняя ось принимаетъ различное положеніе относительно рамы вслѣдствіе сжиманія рессоръ. На черт. 85 показано схематически расположеніе кардана, гдѣ $D—D$ карданъ, идущій отъ механизма перемѣны скоростей B. Карданъ хорошъ тѣмъ, что его легко закрыть отъ пыли и, кромѣ того, онъ передаетъ энергію почти безъ потерь. На черт. 86 по-



Черт. 89.

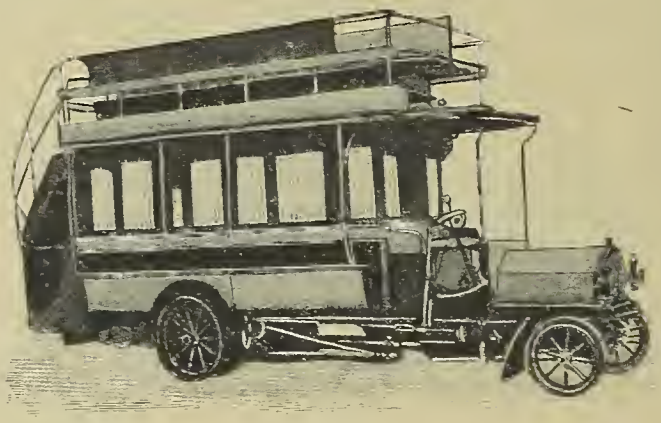
казана передача цѣпью. Передаточный валъ не доходитъ до задней оси, а передаетъ вращеніе поперечной оси E, отъ которой уже цѣпями вращеніе передается заднимъ колесамъ. Эту цѣпь можно видѣть и на черт. 83. Кромѣ указанныхъ передачъ, существуетъ еще ременная и электрическая передача, но онѣ встрѣчаются рѣже.

Въ передачу вводятъ еще фрикціонную муфту. Назначеніе фрикціонной муфты выводить изъ соединенія съ валомъ двигатель, что необходимо для пуска его въ ходъ. Конструкцій фрикціонныхъ муфтъ въ настоящее время очень много, но принципъ ихъ одинъ: на валу двигателя насаженъ маховикъ (черт. 87) съ выточенной внутри конической поверхностью; къ этому маховику можетъ прижиматься фрикціонный конусъ B. Поверхность этого конуса покрыта кожею C, благодаря которой онъ входитъ въ эластичное, но прочное соединеніе съ маховикомъ. При кратковременныхъ остановкахъ двигатель обычно не останавливаютъ,

но выводятъ изъ зацѣпленія фрикціонный конусъ B, и автомобиль останавливается.

Изъ бензиновыхъ двигателей для автомобилей въ настоящее время считаютъ лучшими четырехтактные. Благодаря усовершенствованіямъ, эти двигатели строятъ теперь очень легкими и прочными. Такъ, напримѣръ, для гоночныхъ автомобилей 120-сильный двигатель вѣситъ отъ 7 до 10 фунт. на силу. Для уменьшенія вѣса и размѣра двигателей въ нихъ примѣняютъ большое число оборотовъ. Число оборотовъ автомобильныхъ двигателей очень велико и колеблется между 800 — 1.600 въ минуту.

Воспламенѣніе въ современныхъ бензиновыхъ двигателяхъ производится электрической искрой, которая получается или отъ аккумуляторной батареи или отъ магнито-электрической машины высокаго напряженія.



Черт. 90.

Большую заботу составляетъ для строителей автомобильныхъ двигателей охлажденіе цилиндровъ. Только въ маленькихъ двигателяхъ ограничиваются воздушнымъ охлажденіемъ; обычно же охлаждаютъ водой, но такъ, чтобы одно и то же количество воды циркулировало въ двигателѣ. Для этого воду охлаждаютъ въ радіаторахъ. На черт. 88 виденъ радіаторъ a, въ который по трубѣ b поступаетъ горячая вода отъ мотора. Радіаторъ представляетъ изъ себя мелкія трубочки, лежащія параллельно другъ другу и соединенныя концами наподобіе сотъ. Вода циркулируетъ въ зазорахъ между трубками, а воздухъ внутри трубокъ. Ребристыя трубы охлаждаются или прямо встрѣчнымъ воздухомъ или же особымъ вентиляторомъ. Послѣдняя конструкція хороша тѣмъ, что позволяетъ охлаждать воду и во время остановки автомобиля.

Автомобили въ настоящее время строятъ для самыхъ разнообразныхъ назначеній. На черт. 89 показанъ автомобиль для

перевозки кладей; на черт. 90 — автобусъ для пассажирскихъ сообщеній по шоссейнымъ дорогамъ; а на черт. 91 — автомобиль каретнаго типа для выѣздовъ отдѣльныхъ лицъ.

Скорость, которую могутъ развивать автомобили, обусловливается назначеніемъ его. Скорость автомобилей каретнаго типа можетъ доходить до 45 верстъ въ часъ, тогда какъ для гоночных автомобилей она доходитъ до 180 верстъ. Мощность двигателей для легкихъ автомобилей 6 — 8 лош. силъ, для среднихъ 12 — 40 лош. силъ, для гоночныхъ она колеблется отъ 150 до 200 лош. силъ. Расходъ топлива считаютъ на 1 лош. силу въ 1 часъ: бензина 0,75 фунта, керосина 0,9 ф. и спирта 1,15 ф.

Черт. 91.

Литература. *Бодри-де-Сонье*, Основныя понятія объ автомобилизмѣ. 1902. Ц. 80 к. *Кузнецовъ*, Курсъ автомобилизма. 1909. Ц. 3 р. *Кнапъ, Ж.* Секреты конструкцій бензиновыхъ моторовъ и исправной работы въ автомобиляхъ и мотоциклахъ. 1907. Ц. 3 р. *Таненбаумъ, А.* О примѣненіи автомобилей къ перевозкѣ пассажировъ и тяжестей. Ц. 75 к.

Строительное искусство.

1. Строительная техника.

Строительные матеріалы и ихъ прочность. Матеріалы, употребляемые въ техническихъ сооруженіяхъ, частью встрѣчаются въ природѣ въ готовомъ видѣ: камни, дерево..., въ большинствѣ же случаевъ строительные матеріалы получаются путемъ сложныхъ процессовъ добыванія и обработки естественныхъ матеріаловъ: чугунъ, желѣзо, мѣдь.

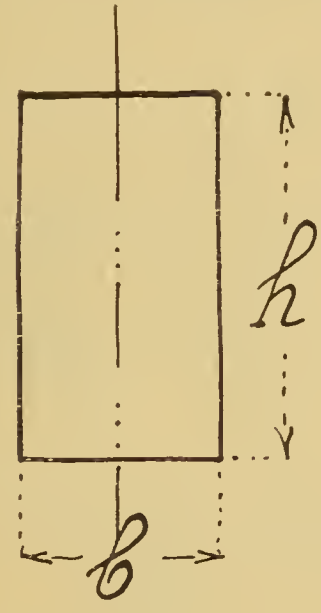
Всякое сооруженіе должно быть прочно, поэтому необходимо, чтобы отдѣльныя части сооруженія имѣли опредѣленный запасъ прочности. Прочность частей опредѣляется въ нѣкоторыхъ простыхъ случаяхъ слѣдующимъ образомъ:

I. Сила P дѣйствуетъ по длинѣ части сооруженія, растягивая или сжимая ее; если обозначить площадь сѣченія части нормально къ силѣ P черезъ F, то прочность части опредѣляется отношеніемъ $K=\frac{P}{F}$ которое называется *напряженіемъ матеріала;* если сила P увеличивается настолько, что производитъ разрушеніе (изломъ) матеріала, то при этомъ напряженіе матеріала $K_1=\frac{P_1}{F}$ представляетъ предѣльную величину, которую нельзя допускать при расчетѣ частей сооруженія; *допускаемое напряженіе K* должно составлять только часть разрушающаго K_1 ($K=m\,.\,K_1$) для того, чтобы обезпечить опредѣленную *надежность* сооруженія.

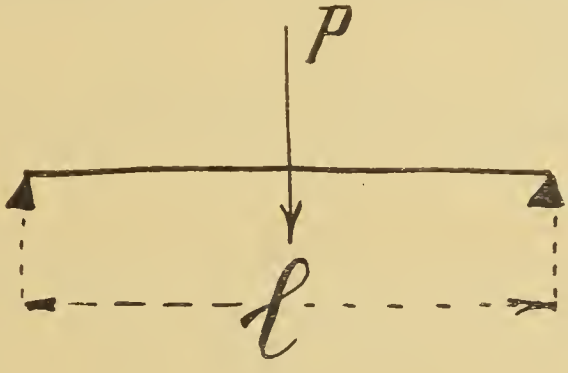
Нѣкоторые матеріалы (всѣ металлы исключая чугунъ) имѣютъ одинаковую величину разрушающаго напряженія при растяженіи и сжатіи, другіе (чугунъ, камни) лучше сопротивляются сжатію, чѣмъ растяженію, напримѣръ, для естественныхъ камней прочность на растяженіе $=\frac{1}{26}$ прочности сжатія; для цементнаго раствора прочность растяженія $=\frac{1}{10}$ прочности сжатія.

II. Сила P дѣйствуетъ поперекъ длины части, изгибая ее; при этомъ прочность зависитъ отъ размѣровъ и формы поперечнаго сѣченія F, отъ длины части сооруженія и отъ мѣста, гдѣ приложена къ ней сила P. Если сѣченіе F имѣетъ форму прямоугольника со сторонами b и h (см. черт. 92); сила P приложена посрединѣ части, длина которой $=l$ (см. черт. 93) и сторона сѣченія h имѣетъ направленіе силы P, то прочность части, изгибаемой силой P, опредѣлится уравненіемъ $P=K_2 \cdot F \cdot {}^1/_3 \frac{h}{l}$, гдѣ $F=b \cdot h$ — площадь поперечнаго сѣченія; здѣсь K_2 — *напряженіе изгиба.* K_2 должно быть значительно меньше разрушающаго напряженія изгиба, обусловливая этимъ опредѣленную надежность.

Изъ этого примѣра видно, что часть, подверженная изгибу, должна имѣть



Черт. 92.



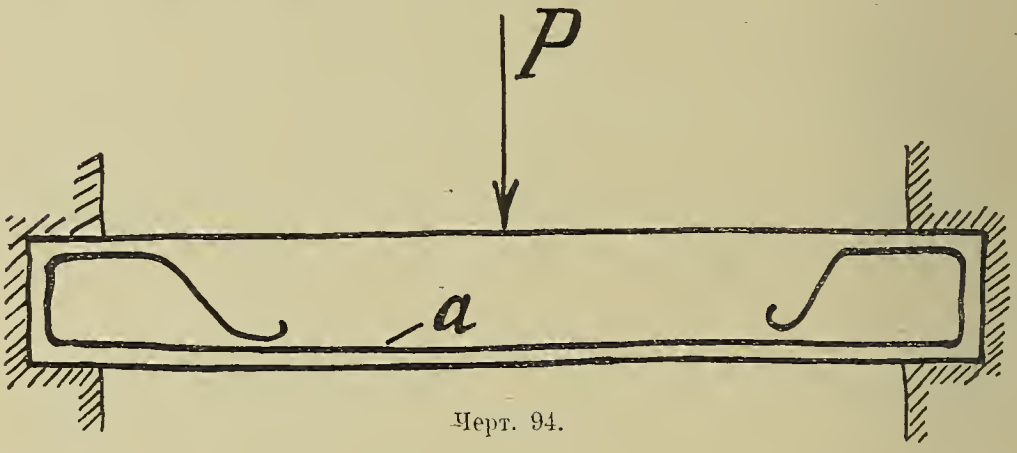
Черт. 93.

удлиненную форму поперечнаго сѣченія, расположеннаго удлиненной стороной по направленію силы P.

Балка, нагруженная грузомъ P, будетъ изгибаться и приметъ искривленную форму, выпуклую книзу; поэтому въ верхней части слои балки будутъ сжаты, въ нижней—растянуты; имѣя въ виду свойство нѣкоторыхъ матеріаловъ давать плохое сопротивленіе при растяженіи, нужно примѣнять для частей, подверженныхъ изгибу, только тѣ матеріалы, которые хорошо *работаютъ на растяженіе* (желѣзо, дерево).

Желѣзо-бетонъ. Для постройки зданій употребляютъ камни естественные или искусственные; послѣдніе приготовляются изъ глины и пропекаются при высокой температурѣ для приданія прочности — кирпичи, и изъ цемента и смѣси цемента съ кирпичнымъ щебнемъ — цементные и бетонные камни. Камни (естественные и искусственные) хорошо сопротивляются сжатію и очень

плохо—растяженію и изгибу. Чтобы не примѣнять для частей сооруженій, работающихъ на изгибъ, дорого стоящій матеріалъ — желѣзо въ большемъ количествѣ, изготовляютъ изгибающіяся части изъ бетона, укрѣпляя ихъ желѣзными стержнями въ той части, гдѣ происходитъ растяженіе. На черт. 94 показана желѣзо-бетонная балка; при дѣйствіи на нее нагрузки P нижнія волокна балки будутъ растягиваться; для укрѣпленія ихъ прокладываютъ внизу балки желѣзные стержни a; послѣдніе на концахъ балки загибаются для лучшаго скрѣпленія съ бетономъ. Для изготовленія балки дѣлаютъ форму изъ досокъ, прокладываютъ въ ней стержни



Черт. 94.

изъ желѣза, заполняютъ понемногу форму бетономъ и утрамбовываютъ его; послѣ этого требуется нѣкоторое время (до 6 недѣль) для затвердѣванія бетона.

Построеніе зданій. Въ каждомъ строеніи жиломъ или нежиломъ можно различать составныя части: *фундаментъ*, *стѣны*, *покрытіе*.

Фундаментъ представляетъ собой самую нижнюю часть зданія, помощью котораго воспринимается и передается на почву нагрузка всего строенія; прочность и конструкція фундамента опредѣляется прочностью почвы, на которой воздвигается строеніе. Поэтому предварительно должно быть сдѣлано изслѣдованіе почвы, такъ какъ отъ свойствъ послѣдней зависитъ устройство фундамента. Почва должна быть изслѣдована на достаточной глубинѣ (на глубинѣ не болѣе 10 метровъ); средствами изслѣдованія прочности почвы служатъ: раскапываніе, зондированіе, буреніе, вбиваніе свай, пробная нагрузка.

Фундаментъ долженъ быть заложенъ ниже глубины промерзанія (1 до 1,50 метра); дѣлается это потому, что почва всегда влажна, въ холодное время промерзаетъ и дѣлается отъ этого менѣе прочной. Вслѣдствіе углубленія фундамента почвенная

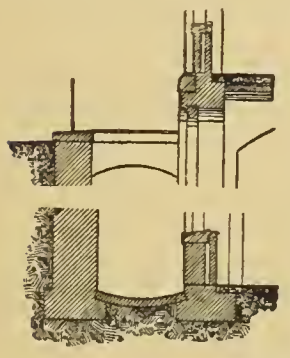
вода поднимается по стѣнамъ и можетъ проникнуть въ помѣщеніе и дѣлать его сырымъ; для избѣжанія послѣдняго употребляютъ изолирующія прокладки (см. объ этомъ ниже).

Если почва достаточно прочна для воспринятія нагрузки строенія, то на ней непосредственно ведется кладка фундамента; для этого углубляются на глубину ниже линіи промерзанія; мѣсто, гдѣ долженъ находиться фундаментъ — его основаніе, выравниваютъ и уширяютъ настолько, чтобы давленіе на основаніе не было очень большое (разсчитываютъ для каменистой почвы отъ 5 до 7 килограммовъ на 1 квадр. сантиметръ; для глинистой и песчаной почвы отъ 4 до 5 килогр.; для глинистой почвы съ примѣсью песка отъ 2 до 3; для насыпного основанія не болѣе 1 килогр.) уширеніе фундамента дѣлается постепенно, увеличивая толщину его книзу (см. черт. 95). Выравненное основаніе покрываютъ слоемъ раствора, на которомъ кладутъ фундаментъ, выбирая наиболѣе прочный матеріалъ: естественные камни, хорошо пропеченный кирпичъ и т. д.

Черт. 95.

Черт. 96.

Основаніе фундамента обыкновенно дѣлается горизонтальнымъ; если же приходится строить зданіе на откосѣ, то, во избѣжаніе сползанія, укрѣпляютъ фундаментъ съ основаніемъ помощью уступовъ. Для строеній фундаментъ обыкновенно выполняется въ видѣ сплошныхъ стѣнъ. Когда фундаментъ построенъ, переходятъ къ постройкѣ стѣнъ строенія. Въ виду того, что влажность почвы можетъ проникнуть черезъ стѣны въ помѣщеніе и сдѣлать его сырымъ и нездоровымъ для жилья, кромѣ того, увлажненіе стѣнъ портитъ ихъ и приводитъ постепенно въ негодность, необходимо устраивать приспособленія, предохраняющія проникновеніе влаги изъ почвы въ стѣны.



Черт. 97.

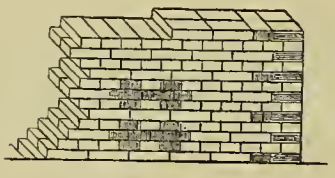
Влажность почвы обусловливается, главнымъ образомъ, почвенной водой; въ нѣкоторыхъ случаяхъ возможно понизить уровень почвенныхъ водъ устройствомъ дренажа почвы, канализаціей; въ большинствѣ случаевъ послѣднее невозможно, необходимо поэтому устроить приспособленія въ самомъ строеніи для устраненія отсырѣнія стѣнъ.

Въ строеніяхъ безъ подвальнаго помѣщенія предохраняютъ движеніе воды по стѣнѣ устройствомъ *изолирующей прокладки*

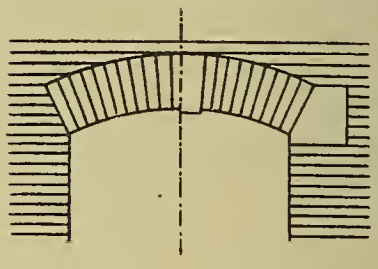
(изъ асфальта и другихъ водонепроницаемыхъ веществъ); прокладка (см. черт. 96) кладется на уровнѣ *цоколя*, гдѣ фундаментъ выходитъ на поверхность земли. Въ зданіяхъ съ подвальнымъ помѣщеніемъ изолирующая прокладка кладется на высотѣ пола подвальнаго помѣщенія.

Для предохраненія подвальныхъ помѣщеній отъ дождевой воды, которая могла бы проникнуть изъ почвы въ помѣщеніе, устраиваютъ вокругъ подвала изолирующій каналъ шириною не менѣе 70 сантиметровъ, благодаря которому происходитъ высушиваніе влаги воздухомъ, циркулирующимъ въ каналѣ (черт. 97).

Стѣны. На фундаментныхъ стѣнахъ возводятся стѣны строенія; матеріаломъ для послѣднихъ служатъ естественные или искусственные камни, связанные между собой *растворомъ* (известковый растворъ составляется изъ 1 части извести и 2—4 частей



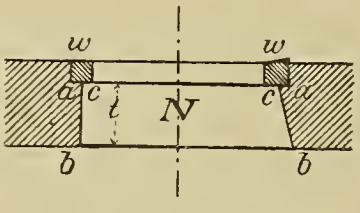
Черт. 98.



Черт. 99. Черт. 100.

песка; затвердѣваетъ только на воздухѣ; называется сухимъ растворомъ; цементный растворъ составляется изъ смѣси цемента и песка; затвердѣваетъ въ присутствіи воды и называется поэтому гидравлическимъ растворомъ).

При кладкѣ стѣнъ камни должны располагаться такимъ образомъ, чтобы придать сооруженію возможно большую прочность, для этого нужно, чтобы стыки двухъ сосѣднихъ рядовъ камней не образовывали непрерывную вертикальную плоскость; на черт. 98 показанъ способъ кладки изъ обыкновеннаго кирпича.



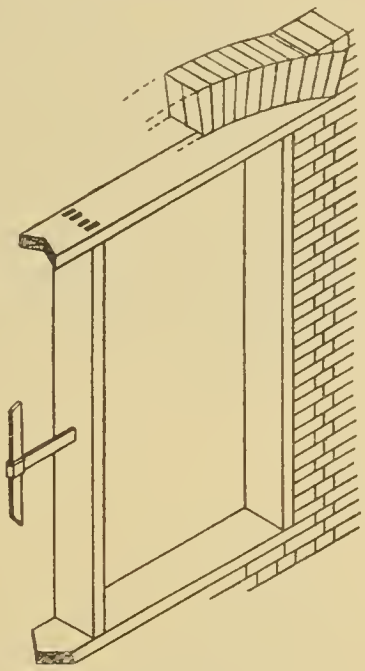
Черт. 101. Черт. 102.

Толщина стѣнъ опредѣляется нагрузкой, которую онѣ должны воспринимать; наружныя стѣны, наиболѣе нагруженныя, не дѣлаются меньше, какъ въ $1\frac{1}{2}$ кирпича толщиною въ одноэтажномъ зданіи; въ многоэтажномъ зданіи стѣны верхняго этажа выполняются въ $1\frac{1}{2}$ кирпича; на каждый слѣдующій нижній этажъ прибавляютъ по $\frac{1}{2}$ кирпича. Внутреннія

стѣны могутъ быть сдѣланы значительно тоньше (обыкновенно ½ кирпича).

Отверстія въ стѣнахъ для оконъ и дверей не должны нарушать прочность стѣнъ, поэтому вверху отверстія заканчиваются сводомъ, или же прочной балкой для воспринятія нагрузки отъ стѣны, находящейся надъ отверстіемъ; на черт. 99 и 100 показано укрѣпленіе отверстія помощью свода изъ кирпича.

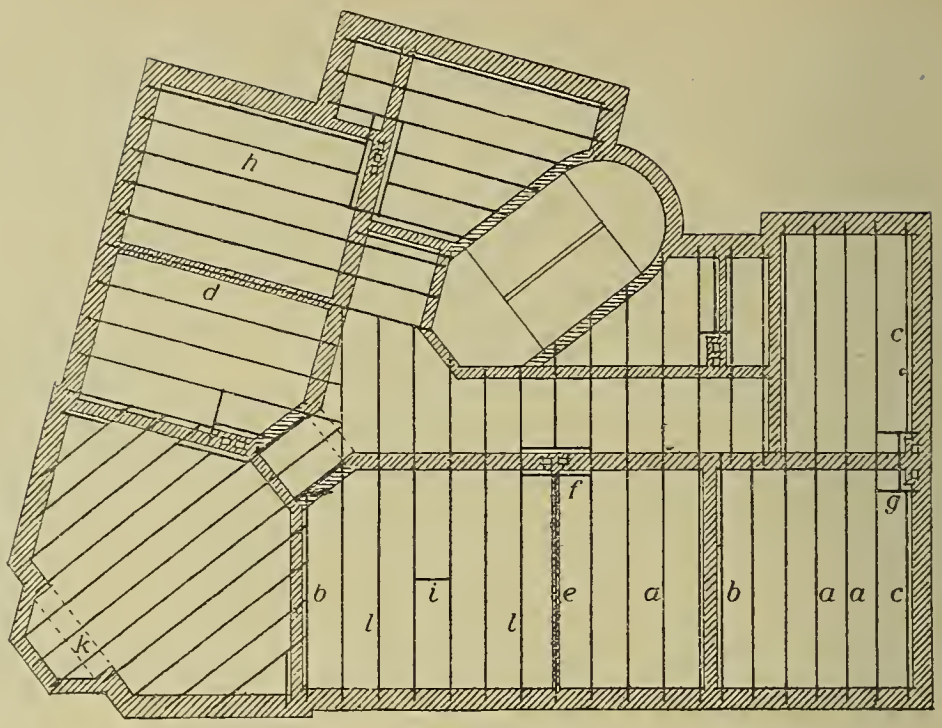
Размѣры оконныхъ и дверныхъ отверстій выполняютъ самымъ разнообразнымъ образомъ; высоту оконъ дѣлаютъ обыкновенно вдвое больше ширины, располагая подоконникъ (нижній край оконнаго отверстія) на высотѣ 80 до 85 сантиметровъ отъ пола. Оконныя и дверныя отверстія должны быть обложены особыми рамами (обыкновенно изъ дерева) (см. черт. 101 и 102) для прикрѣпленія къ нимъ оконныхъ рамъ и дверей. На наружныхъ стѣнахъ рамы вдѣлываются въ кладку; внутреннія стѣны не выполняются толще ½ кирпича, поэтому для укрѣпленія въ нихъ рамъ необходимы особыя приспособленія (см. черт. 103).



Черт. 103.

Покрытія. Сверху и снизу помѣщеніе ограничивается потолкомъ и поломъ, прочность которыхъ достигается *балками*, перекинутыми между стѣнами (см. черт. 104), гдѣ положеніе балокъ указано прямыми a, b, c, d; балки деревянныя прямоугольнаго сѣченія (съ отношеніемъ высоты къ ширинѣ около 7 : 5) располагаются на разстояніи 85 сант. до 1 метра одна отъ другой по направленію болѣе короткой стѣны. Балки концами задѣлываются въ стѣны на глубину около 1 кирпича (6 вершк.). Должно быть обращено вниманіе на то, чтобы концы балокъ, задѣланные въ стѣны, не портились отъ влажности стѣнъ; для этого употребляютъ подкладки изъ асфальта. Если балку приходится дѣлать изъ двухъ частей, то стыкъ ихъ долженъ приходиться надъ стѣной не менѣе 1½ кирпича толщиною; соединяются концы балокъ между собой помощью желѣзныхъ скобъ.

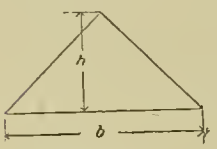
Балки составляютъ основаніе для покрытія; ихъ перекрываютъ поперекъ сплошнымъ слоемъ изъ тонкихъ брусьевъ; кромѣ того, покрытіе необходимо сдѣлать теплонепроницаемымъ, для чего покрываютъ его слоемъ изъ глины.



Черт. 104.

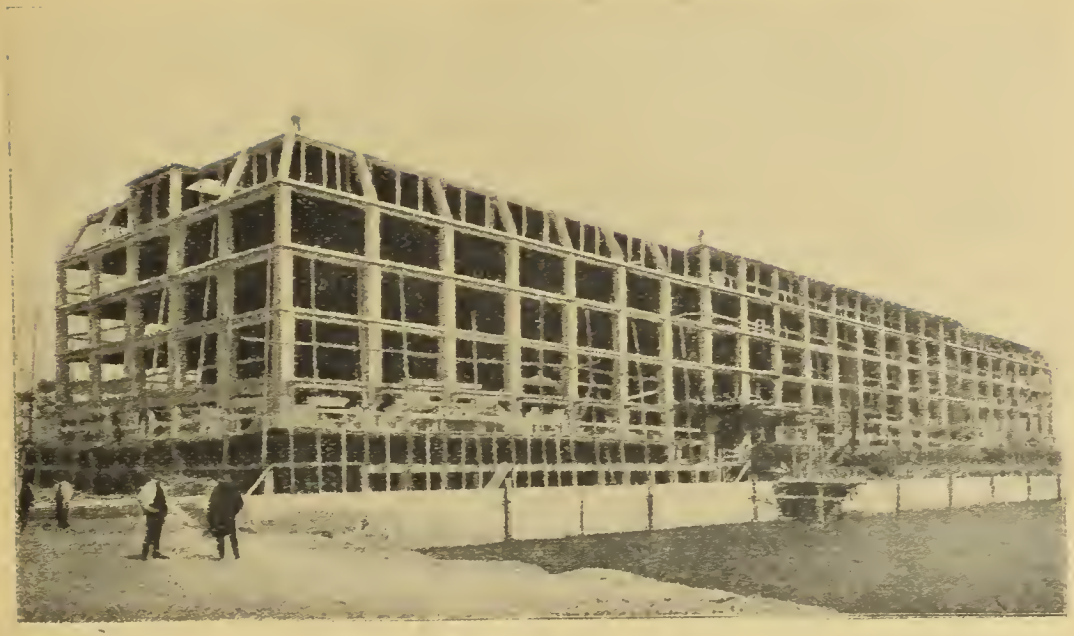
Если покрытіе раздѣляетъ два этажа, то сверху оно образуетъ полъ (изъ досокъ или паркета), снизу же необходимо замаскировать балки подшивкой изъ тонкихъ досокъ.

Крыша заканчиваетъ строеніе сверху, она предохраняетъ зданіе отъ непогоды, отъ пожара, при покрытіи огнеупорнымъ матеріаломъ; отъ жары и холода. Для того, чтобы атмосферные осадки быстро удалялись и не нагружали чрезмѣрно крышу, послѣдней придается остроконечная форма (см. черт. 105); отношеніе высотѣ h къ ширинѣ b, такъ называемый уклонъ крыши, зависитъ отъ матеріала покрытія; кромѣ того, имѣетъ значеніе стиль постройки, климатическія условія и т. д.



Черт. 105.

Желѣзо-бетонныя сооруженія. Въ настоящее время громадное значеніе пріобрѣлъ въ строительной техникѣ *желѣзо-бетонъ*; выше было разъяснено на примѣрѣ простой балки, какимъ образомъ возможно использовать цѣнныя свойства бетона, какъ строительнаго матеріала, примѣняя его въ случаѣ, когда онъ, взятый въ отдѣльности, является слабымъ матеріаломъ; для этого прокладываютъ желѣзные стержни къ той части, гдѣ бетонъ долженъ растягиваться; цементъ бетонной массы обладаетъ способностью вступать въ прочныя соединенія съ желѣзомъ, образуя вмѣстѣ съ желѣзомъ особый матеріалъ, совмѣщающій въ себѣ свойство бетона и желѣза.



Черт. 106.

При построеніи желѣзо-бетонныхъ зданій устраиваютъ подъ всѣмъ зданіемъ бетонное основаніе на глубинѣ ниже линіи промерзанія, на которомъ прокладываютъ желѣзо-бетонный пластъ,

Черт. 107.

прокладывая два или три ряда желѣзныхъ балокъ одинъ надъ другимъ въ перпендикулярномъ направленіи, утрамбовывая бетонъ въ промежуткахъ между ними. На полученномъ такимъ

образомъ основаніи возводятъ желѣзо-бетонныя колонны, связываютъ ихъ между собой на уровняхъ этажныхъ перекрытій желѣзо-бетонными балками, идущими отъ колонны къ колоннѣ вдоль стѣнъ и нормальнаго къ нимъ. Получается такимъ образомъ желѣзо-бетонный остовъ (см. черт. 106). Междуэтажныя перекрытія дѣлаются также изъ желѣзо-бетона. Промежутки между колоннами заполняются кладкой изъ кирпича или камня; на черт. 107 показано зданіе (черт. 106) въ оконченномъ видѣ.

2. Устройство желѣзныхъ дорогъ.

Краткій историческій очеркъ развитія желѣзныхъ дорогъ. Два обстоятельства предшествовали появленію желѣзныхъ дорогъ: 1) устройство дорогъ, снабженныхъ рельсами для уменьшенія силы тяги, примѣнявшихся въ значительной степени въ горнозаводской промышленности; въ началѣ XIX вѣка въ Англіи и Германіи подобныя дороги встрѣчались въ большомъ количествѣ. 2) Изобрѣтеніе паровой машины и примѣненіе ея, какъ движущей силы, въ различныхъ отрасляхъ промышленности дѣлало естественнымъ стремленіе замѣнить для передвиженія грузовъ силу животныхъ паровой силой.

Громадное значеніе для развитія средствъ передвиженія имѣло устройство локомотива. Въ 1804 году въ Англіи былъ построенъ первый локомотивъ *Тревитикомъ* для нуждъ рудника въ Уэльсѣ. Примѣнявшіеся въ то время рельсы не выдерживали тяжести паровоза и ломались; все устройство дороги вообще оказалось слабымъ въ новыхъ условіяхъ работы; частый ремонтъ ихъ дѣлалъ неэкономичнымъ примѣненіе паровой тяги.

Большую услугу развитію желѣзныхъ дорогъ оказалъ *Стефенсонъ*; въ 1823 году имъ предложено было ввести паровую тягу на желѣзной дорогѣ Штоктонъ-Дарлингтонъ, доставляющей уголь графства Дюргамъ къ Сѣверному морю; Стефенсономъ былъ основанъ знаменитый впослѣдствіи паровозостроительный заводъ въ Ньюкэстлѣ, первый локомотивъ котораго былъ выпущенъ въ 1825 году. Вначалѣ паровозы примѣнялись для грузового движенія; вскорѣ введены были пассажирскіе поѣзда, однако въ то время паровая тяга имѣла почти исключительное примѣненіе для горнаго дѣла.

Особенное значеніе имѣло поэтому устройство желѣзной дороги Ливерпуль — Манчестеръ, соединяющей два крупныхъ торговыхъ центра Англіи. 1 октября 1829 года былъ устроенъ кон-

курсъ паровозовъ на этой линіи, на которомъ паровозъ Стефенсона «Ракета» далъ блестящіе результаты: была развита скорость въ 56 километровъ въ часъ. Въ сентябрѣ 1830 года началось правильное сообщеніе между Ливерпулемъ и Манчестеромъ.

Послѣ опыта съ дорогой Ливерпуль — Манчестеръ развитіе желѣзныхъ дорогъ идетъ необыкновенно быстро: уже въ 1864 г. работало въ одной Англіи 6.000 паровозовъ.

Въ Россіи первая дорога была построена въ 1838 году между Петербургомъ и Царскимъ Селомъ, длиною 26 километровъ. Въ 1845 году была открыта первая большая дорога Варшаво-Вѣнская.

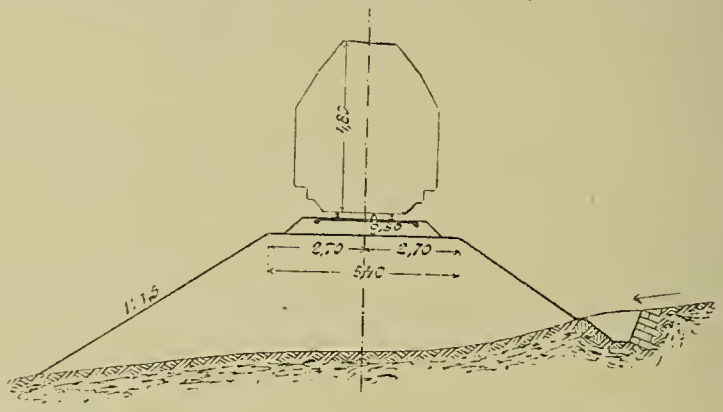
На слѣдующей таблицѣ сопоставлены данныя относительно желѣзныхъ дорогъ наиболѣе значительныхъ государствъ Европы и Америки, обнимая періодъ до конца 1904 года.

Государства:	Общая длина дорогъ въ километрахъ.	Общее количество		
		Локомотивовъ.	Пассажирскихъ вагоновъ.	Товарныхъ вагоновъ.
Россія.	57.800	15.600	17300	360000
Англія	36.600	22.700	51400	768000
Германія . . .	54.100	21.500	43400	440000
Франція. . . .	39.900	11.600	30400	310000
С.-А.С.Штаты.	347.000	45.900	41600	1738500

Устройство пути желѣзной дороги начинается ознакомленіемъ съ мѣстностью, на которой должна проходить дорога, такъ называемое, *изысканіе дороги,* съ цѣлью опредѣлить направленіе пути, при которомъ устройство дороги было бы наиболѣе экономично, принимая во вниманіе цѣль, которой должна служить проводимая желѣзная дорога. Послѣ этого предстоитъ техническая задача выполненія проекта дороги.

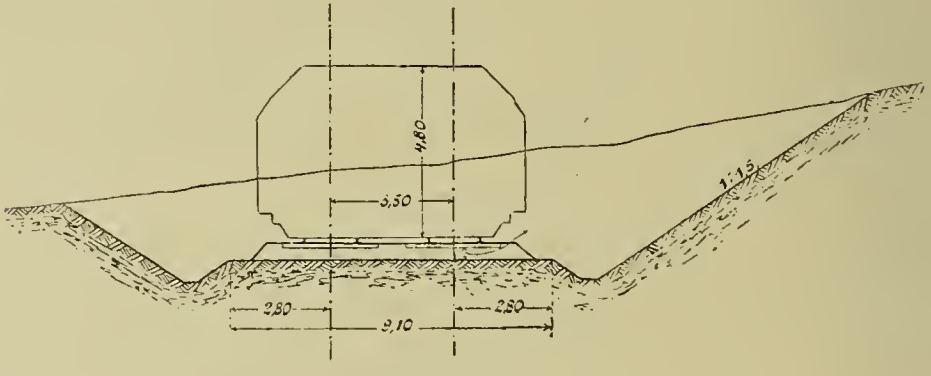
Требованіе возможно большей продуктивности дороги выполняется наилучше тогда, когда *сопротивленіе поѣзда* (см. Паровозы) сохраняется возможно постояннымъ на всемъ протяженіи пути. Сила тяги обыкновенныхъ желѣзныхъ дорогъ получается отъ тренія между рельсами и ведущими колесами паровоза; поэтому подъемъ пути долженъ быть небольшой, не больше $^1/_{80}$ части длины пути (въ исключительныхъ случаяхъ допускаютъ подъемъ до $^1/_{40}$); при движеніи на закругленіяхъ сопротивленіе поѣзда больше, чѣмъ при движеніи по прямому пути, поэтому на закругленіяхъ допускаютъ подъемъ меньше, чѣмъ при движеніи по прямому пути.

Ровныя мѣстности рѣдко встрѣчаются, поэтому основаніе пути должно быть приготовлено искусственно, дѣлая насыпи или выемки въ мѣстностяхъ болѣе или менѣе ровныхъ; въ гористыхъ же мѣстностяхъ приходится обходить препятствія, устраивая путь по извилистымъ и зигзагообразнымъ линіямъ на откосахъ горъ, или прорѣзывать горы, устраивая въ нихъ тоннели. На



Черт. 108.

черт. 108 показано устройство насыпи; откосы насыпи должны имѣть естественный откосъ употребляемаго матеріала, во избѣжаніе оползанія; для песка, песчаныхъ и глинистыхъ матеріаловъ откосъ берется около 1 на $1\frac{1}{2}$. На сторонѣ насыпи, примыкающей къ возвышенной части мѣстности, дѣлаютъ каналъ для отвода дождевыхъ водъ. На насыпи укладываютъ въ по-



Черт. 109.

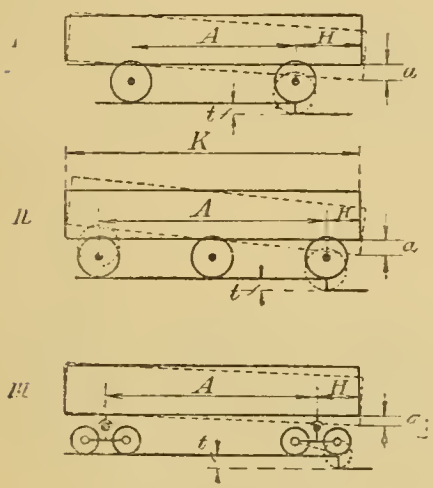
перечномъ направленіи шпалы, къ которымъ укрѣпляются рельсы. На черт. 109 путь проходитъ въ выемкѣ; откосы выемки дѣлаются такъ же, какъ для насыпи по углу естественнаго откоса матеріала выемки; по обѣимъ сторонамъ основанія пути должны быть устроены отводные каналы для сточныхъ водъ.

При устройствѣ закругленія необходимо наружный рельсъ располагать выше внутренняго, чтобы устранить возможность опрокидыванія поѣзда.

Разстояніе между рельсами главныхъ желѣзныхъ дорогъ у насъ въ Россіи равно 1.524 миллиметрамъ (въ другихъ государствахъ примѣняютъ другое разстояніе между рельсами: въ большинствѣ государствъ Европы разстояніе это=1.435 миллим.); на закругленіяхъ съ радіусомъ меньше 500 метровъ разстояніе между рельсами дѣлается больше, не превышая нормальное разстояніе больше, чѣмъ на 35 миллиметровъ.

Черт. 110.

Шпалы въ Россіи дѣлаются изъ дерева въ видѣ брусьевъ прямоугольнаго сѣченія, къ которымъ прикрѣпляются рельсы помощью костылей. Изъ соображенія прочности рельсъ шпалы располагаются на разстояніи около 75 сантиметровъ одна отъ другой: концы рельсъ, во избѣжаніе большихъ прогибовъ, не должны свисать больше 25—30 сантиметровъ. Прогибъ концовъ рельсъ отъ движенія колесъ поѣзда обусловливаетъ удары, разстраивающіе путь, поэтому концы рельсъ скрѣпляютъ между собой помощью особыхъ накладокъ (черт. 110).



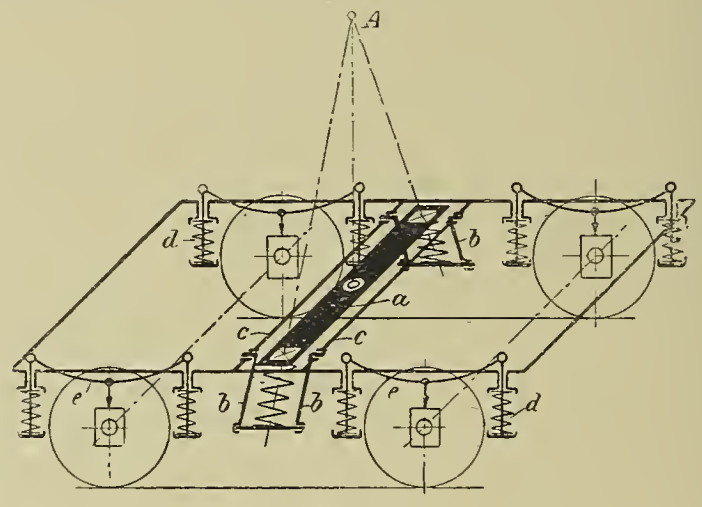
Черт. 111.

Въ холодныхъ открытыхъ мѣстностяхъ должны быть устроены приспособленія для огражденія пути, проходящаго въ выемкѣ, отъ снѣжныхъ заносовъ; для этого или обсаживаютъ выемку деревьями или защищаютъ ее щитами съ такимъ расчетомъ, что снѣгъ при боковомъ вѣтрѣ ложится возлѣ щитовъ или насажденій, не достигая пути.

Вагоны. Раздѣляютъ вагоны на категоріи: пассажирскіе, почтовые, багажные и товарные. При устройствѣ вагоновъ обращается большое вниманіе на то, чтобы ходъ ихъ былъ возможно спокоенъ; послѣднее имѣетъ значеніе какъ для пассажировъ и перевозимыхъ товаровъ, такъ и для пути; сотрясенія, испытываемыя вагонами отъ неровностей пути, зависятъ отъ вѣса вагона, скорости движенія и отъ состоянія пути. Чтобы уменьшить силу удара отъ неровности пути, ось вагоновъ связана съ кузовомъ помощью пружины. При этомъ имѣетъ значеніе расположеніе осей вагона: чѣмъ больше разстояніе *A* между осями (черт. 111),

тѣмъ болѣе спокоенъ ходъ вагона, такъ какъ колебаніе его при неровности пути t при этомъ дѣлается меньше. На черт. 111 дано въ схемѣ три типичныхъ расположенія осей вагона: I двухосный, II трехосный, III вагонъ на двухъ телѣжкахъ, расположенныхъ на концахъ его; телѣжки могутъ поворачиваться около горизонтальной и вертикальной оси; при устройствѣ вагона на телѣжкахъ колебаніе его при неровности пути t вдвое меньше, чѣмъ въ случаяхъ I и II.

Разстояніе между колесами A (черт. 111) въ вагонахъ съ неподвижными осями опредѣляетъ наименьшую величину закругленія пути: чѣмъ меньше радіусъ закругленія, тѣмъ меньше должно быть разстояніе A; такъ какъ для достиженія возможно

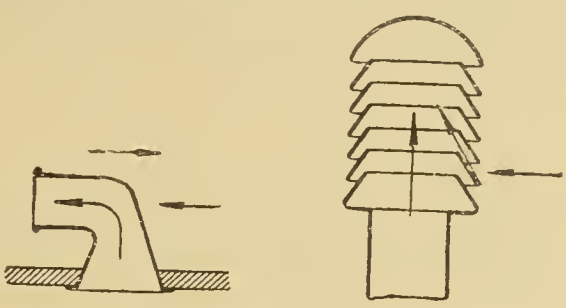


Черт. 112.

спокойнаго хода выгодно увеличивать разстояніе A, то примѣняютъ для пассажирскихъ вагоновъ обычно устройство осей въ подвижныхъ телѣжкахъ. На черт. 112 дано въ схемѣ устройство телѣжки; состоитъ она изъ рамы, съ которой скрѣплены двѣ оси помощью рессоръ e и d; рама съ помощью серегъ b и пружинныхъ рессоръ въ нихъ соединяется съ балкой a, которая въ срединѣ имѣетъ ось, связанную съ корпусомъ вагона. Вслѣдствіе упругаго соединенія осей телѣжки съ корпусомъ вагона, легко проходятся закругленія съ малыми радіусами кривизны; размѣры пружинъ подбираются такимъ образомъ, чтобы колебанія вагона при сотрясеніяхъ быстро затихали.

Тормозъ. Необходимымъ приспособленіемъ каждаго вагона служитъ приспособленіе для регулированія его скорости движенія и для остановки — тормозъ. Тормозъ состоитъ изъ деревянныхъ или металлическихъ колодокъ, прижимаемыхъ къ ободу ко-

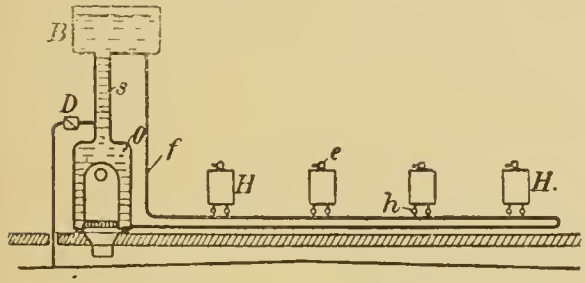
лесъ; вызываемая при этомъ сила тренія между ободомъ и тормозомъ противодѣйствуетъ движенію колеса и замедляетъ его вращеніе, тогда колеса начинаютъ скользить по рельсу, замедляя этимъ движеніе поѣзда. Наиболѣе употребительныя системы тормозовъ: ручные и воздушные; въ первомъ случаѣ тормозныя колодки нажимаются отъ руки помощью особаго механизма; въ воздушныхъ тормозахъ нажатіе производится давленіемъ воздуха; управленіе воздушными тормозами производится машинистомъ одновременно для всѣхъ вагоновъ. вслѣдствіе чего торможеніе происходитъ наиболѣе энергично.



Черт. 113.

Вентиляція вагоновъ достигается устройствомъ на крышѣ ихъ приборовъ, высасывающихъ воздухъ изъ вагона при движеніи его. На черт. 113 показано два вентиляціонныхъ приспособленія: первое состоитъ изъ трубы, загнутой по направленію движенія, второе — изъ вертикальной щелевой трубы. Вентиляція эта мало дѣйствительна, кромѣ того, зависитъ она отъ скорости движенія поѣзда.

Отопленіе вагоновъ производится въ большинствѣ случаевъ горячей водой или паромъ (водяное и паровое отопленіе).

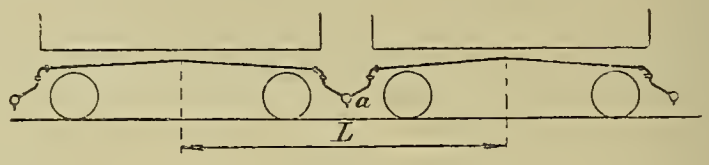


Черт. 114.

а) **Водяное отопленіе.** Въ особомъ отдѣленіи вагона ставится водяной котелъ B (черт. 114), внутри котораго помѣщается топка O; теплая вода по трубѣ f протекаетъ черезъ калориферы H, отдаетъ тепло воздуху и охлажденная возвращается обратно въ котелъ. По трубѣ D можетъ поступать въ водяной котелъ паръ изъ паровоза для подогрѣванія воды.

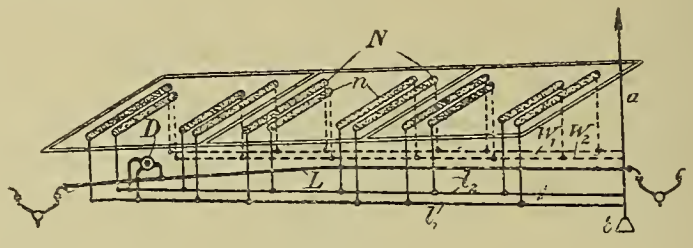
b) **Паровое отопленіе.** Паръ для отопленія или берется изъ котла паровоза, помощью паропровода, идущаго черезъ весь поѣздъ (см. черт. 115), или получается изъ особаго котла, находящагося въ вагонѣ (аналогично водяному котлу на черт. 114). На черт. 116 показана въ схемѣ система парового отопленія низкаго давленія; паръ изъ котла (или изъ общаго паропровода отъ паровоза) черезъ вентиль D поступаетъ подъ давленіемъ $^1/_4 — ^1/_2$

атмосферы въ двѣ трубы l_1 и l_2, расположенныя на полу вагона, отъ которыхъ онъ поступаетъ въ калориферы N и n; поверхность нагрѣва калориферовъ N вдвое больше, чѣмъ у n; въ ка-



Черт. 115.

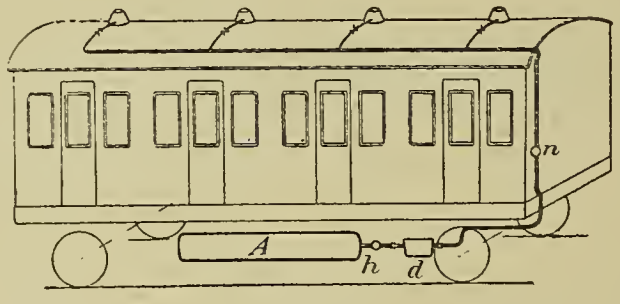
лориферахъ паръ, отдавая тепло, конденсируется въ воду и удаляется по трубамъ w_1, w_2. Регулированіе отопленія производится поѣздной прислугой.



Черт. 116.

Освѣщеніе вагоновъ производится стеариновыми свѣчами, газомъ и электричествомъ.

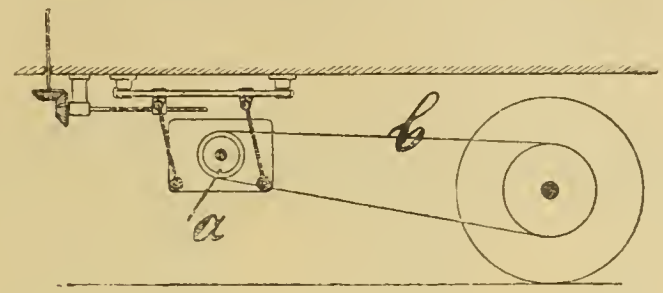
а) **Газовое освѣщеніе.** Газъ для освѣщенія получается въ особыхъ сосудахъ, помѣщенныхъ подъ вагономъ, подъ давле-



Черт. 117.

ніемъ около 6 атмосферъ (см. черт. 117). Изъ сосуда A газъ проходитъ черезъ регуляторъ давленія, гдѣ онъ понижается до $^1/_{200}$ атмосферы и съ такимъ давленіемъ подводится къ горѣлкамъ.

b) **Электрическое освѣщеніе.** Электрическій токъ получается или изъ аккумуляторовъ, которые, по мѣрѣ расходованія, вновь заряжаются, или отъ динамо-машины, помѣщаемой подъ ваго-

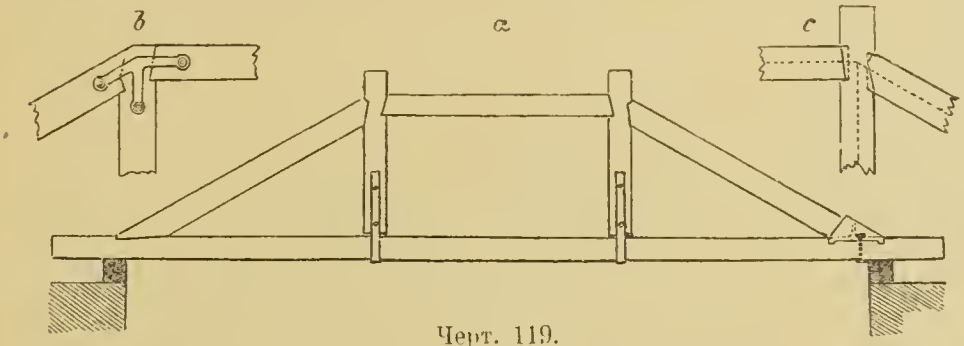


Черт. 118.

номъ и приводимой въ движеніе отъ оси вагона (см. черт. 118), гдѣ — *a* динамо-машина, *b* ремень, которымъ она приводится во вращеніе. Вагонъ долженъ имѣть еще аккумуляторную батарею, для освѣщенія во время стоянки поѣзда.

3. Мосты.

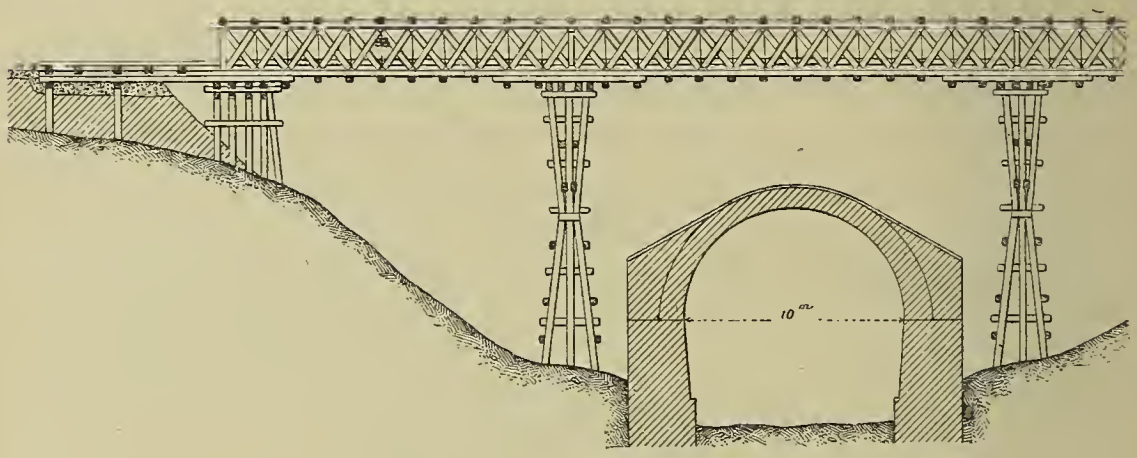
Мосты возникли и развивались вмѣстѣ съ возникновеніемъ и развитіемъ путей сообщенія. Для перехода черезъ ручьи и небольшія рѣчки первоначально устраивались мосты изъ каменныхъ плитъ и древесныхъ стволовъ; съ развитіемъ и съ увеличеніемъ грузового движенія явилась необходимость искусственнаго укрѣпленія поверхности дорогъ замащиваніемъ ихъ (см. ниже, мѣстные пути сообщенія); вмѣстѣ съ этимъ мосты должны были въ одинаковой степени, какъ и дороги, удовлетворять требованію



Черт. 119.

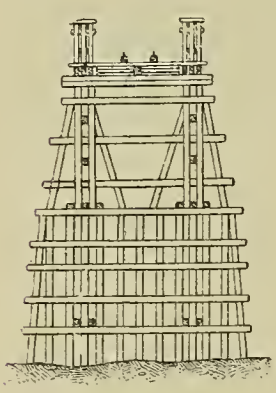
прочности и удобства передвиженія по нимъ. Такимъ образомъ появились шоссейные мосты. Во второй половинѣ XIX столѣтія для нуждъ желѣзныхъ дорогъ начали строиться желѣзнодорожные мосты, частью для перехода черезъ рѣки, улицы, судоходные каналы, частью какъ шоссейные мосты для перехода че-

резъ линіи желѣзныхъ дорогъ. Матеріаломъ для постройки мостовъ служили вначалѣ дерево и камень, постепенно съ развитіемъ желѣзо-дѣлательной промышленности начало примѣняться желѣзо, составляющее въ настоящее время главный строительный матеріалъ для мостовъ.



Черт. 120.

Деревянные мосты имѣютъ въ настоящее время ограниченное примѣненіе, вслѣдствіе быстрой порчи и опасности въ пожарномъ отношеніи. Главное преимущество деревянныхъ мостовъ заключается въ томъ, что они могутъ быть быстро построены; поэтому примѣняются они часто, какъ временные мосты. Въ лѣсистыхъ мѣстностяхъ деревянные мосты обходятся значительно дешевле желѣзныхъ; въ Сѣверной Америкѣ примѣняются и въ настоящее время желѣзнодорожные деревянные мосты.



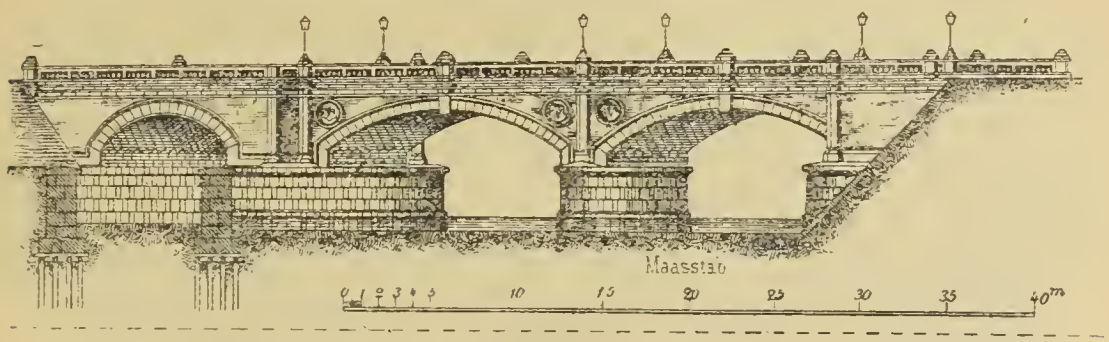
Черт. 121.

Мосты съ небольшимъ *пролетомъ* (такъ называется разстояніе между подпертыми концами моста) отъ 1 до 3 метровъ дѣлаются изъ простыхъ балокъ; при бо́льшихъ пролетахъ примѣняютъ балки, составленныя изъ нѣсколькихъ брусьевъ, связанныхъ прочно между собою помощью шпонокъ, врѣзанныхъ въ нихъ, и стяжныхъ болтовъ. При пролетахъ до 8—12 метровъ возможно устройство моста изъ простыхъ балокъ, укрѣпленныхъ системой стержней (черт. 119).

При пролетахъ больше 12 метровъ примѣняютъ *раскосные мосты*; мосты эти состоятъ изъ двухъ *фермъ*, идущихъ вдоль всего моста; между фермами прокладываютъ балки поперекъ моста, на которыхъ устраивается путь шоссейный или желѣзнодорожный въ зависимости отъ назначенія моста. На черт. 120 и 121

показано устройство большого временнаго желѣзнодорожнаго моста на мѣстѣ будущаго каменнаго.

Каменные мосты (черт. 122). Камень обладаетъ прочностью, достаточной для того, чтобы служить строительнымъ матеріаломъ, лишь въ случаѣ, если онъ подвергается сдавливанію; вслѣдствіе



Черт. 122.

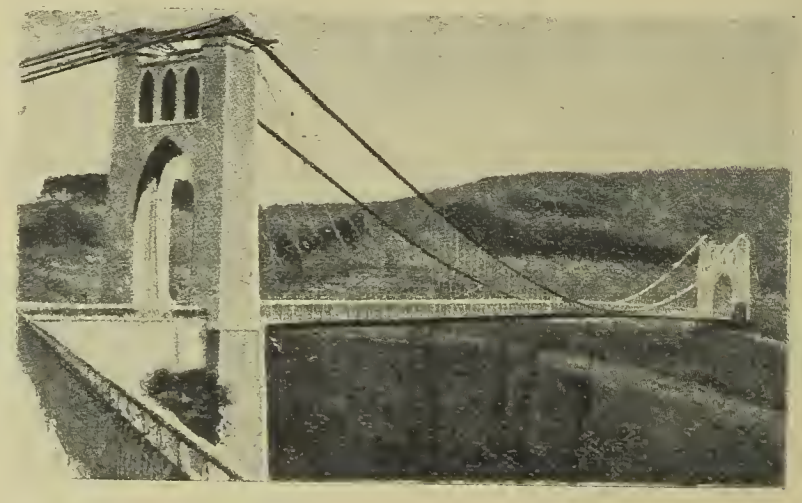
этого каменный мостъ строится изъ одного или нѣсколькихъ сводовъ (въ зависимости отъ длины моста); отъ нагрузки моста сводъ стремится выпрямиться; при прочномъ укрѣпленіи концовъ свода помощью *устоевъ* выпрямленіе свода не можетъ произойти; отдѣльные камни его лишь сильнѣе прижимаются одинъ къ другому. Въ зависимости отъ длины свода и нагрузки его размѣры свода разсчитываются такимъ образомъ, чтобы давленіе на камни свода было меньше тѣхъ, отъ которыхъ камень могъ бы разрушиться, обусловливая этимъ опредѣленный запасъ прочности моста.

Черт. 123.

Желѣзные мосты получили широкое распространеніе послѣ изобрѣтенія способа обработки желѣза въ строительный матеріалъ прокаткой его; прокаткой можно получать желѣзо въ видѣ по-

Черт. 124.

лосъ разнообразной формы. При небольшихъ пролетахъ мостъ устраивается изъ простыхъ желѣзныхъ балокъ, сѣченіе которыхъ имѣетъ видъ I.



Черт. 125.

При большихъ пролетахъ для достиженія достаточной прочности необходимо устройство раскосныхъ мостовъ, подобно описанному выше раскосному деревянному мосту. Прочность моста

достигается устройствомъ двухъ *фермъ*, составленныхъ изъ желѣзныхъ стержней, прочно скрѣпленныхъ между собой помощью заклепокъ; фермы соединяются между собой поперечными балками, укрѣпленными къ фермамъ въ мѣстѣ, гдѣ сходятся стержни ея (въ такъ называемыхъ *узлахъ* фермы). На по-

Черт. 126.

перечныхъ балкахъ устраивается путь моста. Раскосные мосты строятся длиною до 200 метровъ. Если длина моста должна быть больше 200 метровъ, то ставятъ подъ рядъ нѣсколько мостовыхъ фермъ, опирающихся на промежуточные устои, или же примѣняются сводчатые и консольные мосты (черт. 123 и 124). На

Черт. 127.

черт. 124 представленъ мостъ съ общей длиною въ 2.400 метровъ съ небольшимъ пролетомъ 520 метровъ.

Висячіе мосты (черт. 125) получаютъ прочность отъ канатовъ (или цѣпей), перекинутыхъ черезъ устои, къ которымъ подвѣшивается путь моста, помощью тягъ.

Когда мостъ проходитъ черезъ судоходную рѣчку или каналъ, бываетъ необходимо устраивать его *разводнымъ* для пропуска судовъ; послѣднее достигается путемъ подъема или поворачиванія части моста. На черт. 126 показанъ поворотный разводной мостъ нашего военнаго порта у Либавы.

Желѣзо-бетонъ, получившій широкое развитіе въ строительныхъ сооруженіяхъ, благодаря дешевизнѣ и быстротѣ постройки сооруженій, примѣняется съ большимъ успѣхомъ для постройки мостовъ. При небольшихъ пролетахъ мостъ устраивается изъ плитъ; при большихъ пролетахъ плита снабжается ребрами; при большихъ пролетахъ устраиваютъ сводчатые или раскосные мосты (см. черт. 127).

4. Мѣстные пути сообщенія.

Устройство грунтовыхъ дорогъ, служащихъ средствами сообщенія между селеніями и городами, и улицъ въ самихъ селеніяхъ и городахъ, ведется съ большей или меньшей тщательностью въ смыслѣ прочности ихъ въ зависимости отъ того, насколько велико по нимъ движеніе, и отъ величины перевозимаго груза. Величина перевозимаго груза опредѣляется *сопротивленіемъ дороги* и *силой тяги*; для горизонтальной дороги сопротивленіе ея $A = a.\ G$, гдѣ G — вѣсъ перевозимаго груза, включая и вѣсъ телѣги. Среднія значенія по коэфф. a даны ниже на таблицѣ для различныхъ дорогъ:

Проселочныя дороги:

Плохая дорога, песокъ . . . . . $a = \frac{1}{7}$

обыкновенная дорога . . . . . $a = \frac{1}{10}$

сухая, твердая дорога . . . . . $a = \frac{1}{20}$

Шоссейныя дороги:

Свѣже-насыпанная неутрамбованная . . . . . $a = \frac{1}{8}$

шоссе въ дождь . . . . . $a = \frac{1}{20}$

сухое шоссе въ хорошемъ состояніи . . . . . $a = \frac{1}{35}$ до $\frac{1}{50}$

Мостовыя дороги:

Булыжная мостовая . . . . . $a = \frac{1}{25}$

то же, изъ мелкаго камня . . . . . $a = \frac{1}{50}$

мостовыя изъ ровныхъ камней . . . . . $a = \frac{1}{55}$ до $\frac{1}{75}$

деревянная мостовая . . . . . $a = \frac{1}{55}$ до $\frac{1}{75}$

Асфальтовыя мостовыя . . . . . $a = \frac{1}{100}$

При ѣздѣ по желѣзнымъ рельсамъ . . . . . $a = \frac{1}{200}$ до $\frac{1}{300}$

При подъемахъ сопротивленіе больше на величину подъема b; $A = G\ (a + b)$, гдѣ b = величинѣ подъема на единицу длины пути.

Если тяга грузовъ производится животными, то сила тяги находится въ большой зависимости отъ породы и возраста животныхъ и отъ ухода за ними; кромѣ того, сила тяги зависитъ отъ требуемой скорости передвиженія c и отъ числа рабочихъ часовъ d. *Нормальная сила тяги* лошади A при 8-часовой дневной работѣ, при скорости передвиженія $c = 1{,}_1$ метра въ 1 секунду, при предположеніи, что общая длина пройденнаго пути не превосходитъ 30 километровъ въ день, составляетъ приблизительно $^1/_5$ ея вѣса; можно считать:

Для	малой	средней	большой лошади
Вѣсъ ея	250	350	450 килограммовъ
Сила тяги	60	75	85 килограммовъ
Въ среднемъ сила тяги = 75 килограммамъ.			

Сила тяги быка = 60 до 100 килограммовъ.

Приведенныя выше данныя силы тяги относятся къ запряжкѣ одного животнаго; при запряжкѣ нѣсколькихъ животныхъ въ одну упряжь сила тяги каждаго понижается; сила тяги составляетъ:

При	2	3	4	5	6	7	8 животныхъ
	98	87	80	73	60	55	49% отъ силы тяги одного животнаго.

Скорость движенія лошади составляетъ:

При ѣздѣ:	шагомъ	рысью	вскачь
	Отъ 0,6 до 1,6	3 до 6	7 до 12 метровъ въ 1 секунду.

Устройство шоссейныхъ дорогъ. При проведеніи дороги имѣютъ значеніе экономическія соображенія; отдается предпочтеніе той дорогѣ, для которой ежегодный расходъ капитала (равный суммѣ процентовъ на затраченный капиталъ, расходовъ на содержаніе дороги и расходовъ на передвиженіе грузовъ) будетъ наименьшій. Рѣшающее значеніе имѣютъ мѣстныя условія, сообразно съ которыми опредѣляется направленіе дороги, наиболѣе цѣлесообразное съ точки зрѣнія техническаго выполненія ея.

Должно быть обращено вниманіе на правильное выполненіе *закругленій*; наименьшая величина закругленій зависитъ отъ длины телѣги и угла поворота передней оси. Допустимые наибольшіе *подъемы* дороги опредѣляются, зная величины перевозимыхъ грузовъ и силу тяги: выше была указана зависимость между силой тяги A и передвигаемымъ грузомъ G, изъ которой опредѣляется наибольшій подъемъ $b = \frac{A}{G} - a$. При очень малыхъ уклонахъ шоссе въ дождливую погоду покрывается грязью; для избѣжанія послѣдней не рекомендуется дѣлать уклонъ меньше 4%.

Ширина дороги опредѣляется по слѣдующимъ даннымъ: берется для пѣшеходовъ отъ 0,5 до 1 метра; для проѣзднаго пути отъ 4 до 7,5 метровъ; для храненія камня отъ 0,5 до 1 метра, такимъ образомъ, въ общемъ ширина дѣлается отъ 5 до 10 метровъ.

Въ *поперечномъ сѣченіи* дорога дѣлается со скатами на обѣ стороны для отвода дождевой воды; для той же цѣли устраиваютъ каналы по обѣ стороны дороги.

Устройство улицъ въ городахъ выполняется самымъ разнообразнымъ образомъ, въ зависимости отъ величины движенія и рода перевозимаго груза; обращается вниманіе на гигіеническія требованія и удобства для жителей города. Въ связи съ этимъ мостовыя городскихъ улицъ должны удовлетворять слѣдующимъ требованіямъ:

1) поверхность мостовыхъ должна быть достаточно прочной;

2) возможность передвиженія по ней при всякомъ состояніи погоды;

3) способъ укрѣпленія поверхности и подъемы улицъ не должны вредно отзываться на грузовыхъ животныхъ;

4) возможное отсутствіе шума при ѣздѣ по улицамъ;

5) отсутствіе пыли и дурного запаха;

6) всякое исправленіе мостовыхъ не должно нарушать движенія по нимъ.

А) *Шоссе* можетъ быть устроено, если не предъявляется требованіе особой прочности поверхности улицы.

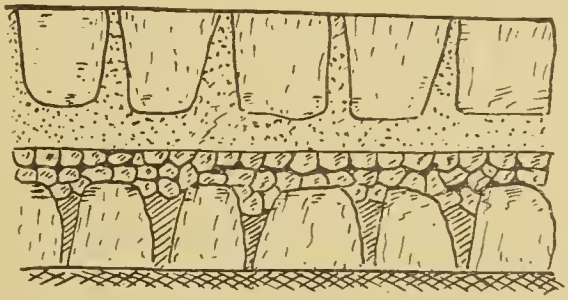
Основаніе шоссе состоитъ изъ слоя камней (черт. 128), расположенныхъ плоской стороной на почвѣ; сверху насыпаютъ слой каменнаго щебня съ небольшимъ количествомъ раствора. Послѣ насыпки шоссе должно быть хорошо утрамбовано (спеціальными

Черт. 128.

тяжелыми катками, приводимыми въ движеніе животными или механически машиной).

Шоссе въ дождливую погоду покрывается грязью, въ сухую—пылью; послѣднее можетъ быть отчасти устранено укрѣпленіемъ верхняго слоя смолистыми и асфальтовыми матеріалами.

В) *Мостовая изъ дикаго камня* (черт. 129). Для прочности мостовой основаніе ея дѣлается изъ слоя камней большой величины, расположенныхъ плоской стороной къ почвѣ; слой этотъ покрывается слоемъ бетона, на которомъ кладется верхній слой камня на пескѣ (иногда на цементномъ р а с т в о р ѣ); камнямъ верхняго слоя мостовой придаютъ правильную четырехугольную форму, чтобы получить возможно ровную и плотную поверхность. Часто въ мостовыхъ не дѣлаютъ бетоннаго основанія и кладутъ верхній слой прямо на почвѣ на песчаномъ основаніи.



Черт. 129.

С) *Деревянная* (торцовая) *мостовая*. Основаніе мостовой должно быть очень прочно; его изготовляютъ изъ асфальтнаго или

цементнаго бетона толщиной 15—25 сантиметровъ, верхняя поверхность котораго сглаживается по очертаніи верхней поверхности мостовой; деревянныя колодки шестигранной или прямоугольной формы, пропитанныя смолой или растворомъ хлористаго цинка, укладываютъ непосредственно на основаніе мостовой.

Черт. 130.

Для уменьшенія сопротивленія дороги въ сѣверной Германіи дороги снабжаютъ желѣзными рельсами (см. черт. 130); на горизонтальной дорогѣ при примѣненіи рельсъ сопротивленіе уменьшается въ 5 разъ; при подъемахъ же выгода будетъ меньше, и тѣмъ меньше, чѣмъ больше подъемъ; такъ какъ устройство рельсъ требуетъ большихъ затратъ, то примѣненіе ихъ можетъ быть выгодно только въ мѣстностяхъ ровныхъ.

5. Водные пути сообщенія.

Между водными путями сообщенія различаются пути *внѣшніе* (сообщеніе по морямъ и океанамъ) и пути *внутренніе* (сообщеніе по рѣкамъ и каналамъ). Задачей настоящей статьи является ознакомленіе читателя съ водными путями *внутренняго плаванія*.

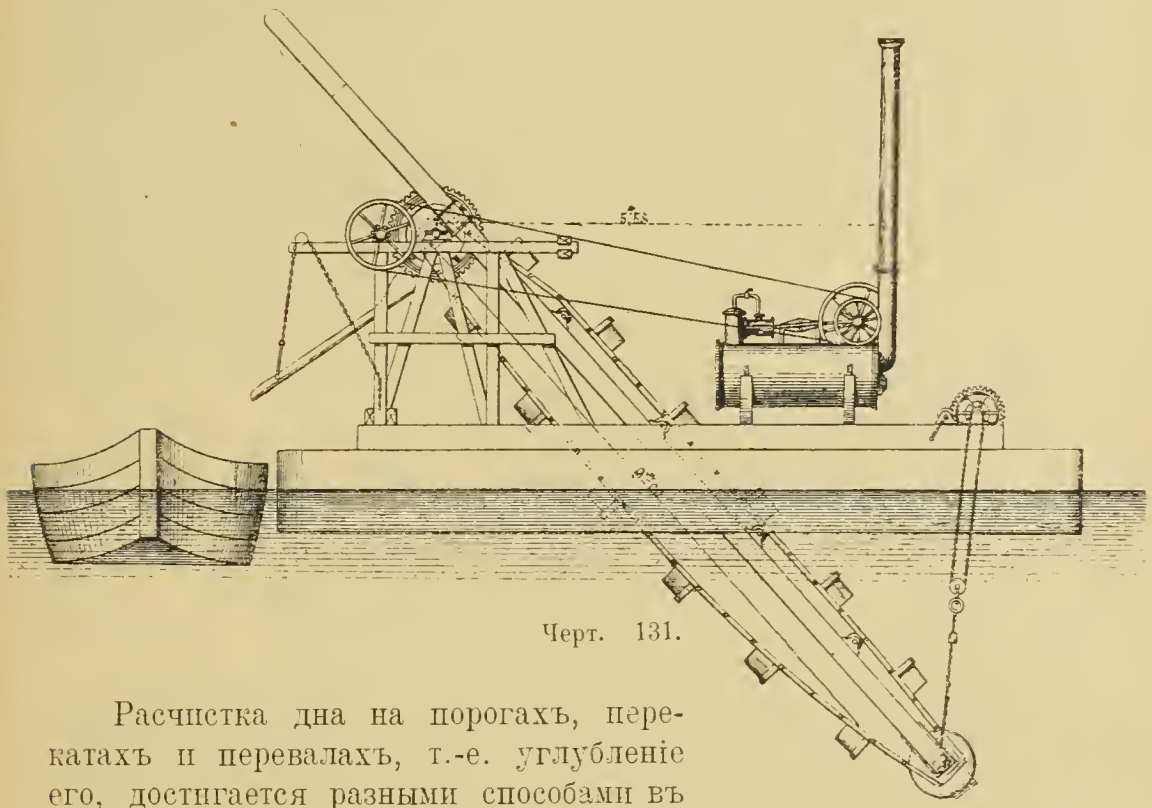
Основными элементами водныхъ путей, какъ и всякихъ другихъ, являются: 1) *путь*, по которому совершается сообщеніе; 2) экипажъ, т.-е. *судно*, и 3) *сила*—какъ средства перемѣщенія по пути. Поэтому задачи хорошей организаціи путей сообщенія, въ томъ числѣ и водныхъ, сводятся: 1) къ устраненію или уменьшенію препятствій, встрѣчаемыхъ на пути; 2) къ увеличенію пропускной способности и 3) къ ускоренію движенія.

Внутренніе водные пути бываютъ естественные, именно *рѣки*, и искусственные (т.-е. искусственно вырытыя русла) — *каналы*.

Какъ тѣ, такъ и другіе, для удобнаго и безопаснаго по нимъ передвиженія грузовъ, должны удовлетворять прежде всего извѣстнымъ требованіямъ относительно глубины и ширины хода или, такъ называемаго, *фарватера*.

Естественно, судоходная рѣка на всемъ своемъ протяженіи, возможномъ для судоходства, почти никогда этимъ условіямъ не удовлетворяетъ. Русло каждой рѣки въ продольномъ разрѣзѣ состоитъ изъ пониженныхъ, глубокихъ мѣстъ — *плесовъ*, раздѣленныхъ между собою повышенными, болѣе мелкими ча-

стями: *перевалами* (въ плотныхъ грунтахъ дна) и *перекатами* (въ легко размываемыхъ грунтахъ). Перекаты и перевалы образуются обыкновенно во время высокихъ водъ и располагаются: въ мѣстахъ перехода рѣки изъ одной кривизны въ другую, обратную, во внезапныхъ уширеніяхъ русла, въ раздѣленіяхъ его на рукава и въ иныхъ мѣстахъ. На каменистыхъ днахъ рѣкъ встрѣчаются *пороги*. Вообще же часто на днѣ рѣки находятся случайныя препятствія: камни, деревья, карчи. Удаленіе всѣхъ такого рода препятствій достигается *расчисткою* дна.

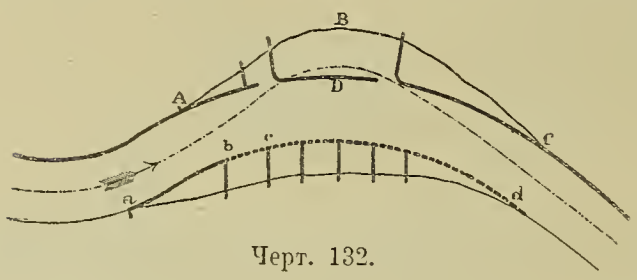


Черт. 131.

Расчистка дна на порогахъ, перекатахъ и перевалахъ, т.-е. углубленіе его, достигается разными способами въ зависимости отъ грунта дна. Пороги обыкновенно удаляются примѣненіемъ взрывныхъ работъ. Прочіе грунты разрабатываются и удаляются посредствомъ черпаковъ, разнаго рода землечерпательныхъ машинъ и землесосовъ. На черт. 131 показанъ примѣръ землечерпательницы, приводимой въ движеніе паровой машиною. Вынутая земля сваливается въ обыкновенныя лодки или спеціальныя судна (такъ назыв. шаланды) съ открывающимися днищами и отвозится въ сторону отъ фарватера. Если такое удаленіе земли нежелательно или невозможно — за неимѣніемъ въ руслѣ рѣки глубокихъ мѣстъ для свалки, — то вынутая земля сваливается на берегъ. Послѣдній способъ особенно удобенъ при примѣненіи землесосныхъ машинъ къ расчисткѣ дна, состоящаго изъ легко раз-

рабатываемаго грунта, напримѣръ, песчанаго. Землесосная машина снабжена трубою, спускающеюся ко дну рѣки; центробѣжнымъ насосомъ возбуждается сильная струя воды, увлекающая землю со дна рѣки. Земля эта въ видѣ грязи спускается по желобамъ на рѣчной берегъ.

Дабы расчистка дна не являлось средствомъ, лишь временно улучшающимъ судоходное состояніе рѣки, необходимо позаботиться о томъ, чтобы предотвратить причины появленія скопленій матеріала береговъ на днѣ рѣки. Это достигается такъ называемыми *выправительными работами*. Выправительныя работы имѣютъ цѣлью приведеніе очень извилистаго русла рѣки къ болѣе плавному виду и суженію рѣки посредствомъ водостѣснительныхъ сооруженій, дабы собрать всю разбросанную массу воды въ одномъ руслѣ; при этомъ усилившееся теченіе уноситъ сложенные раньше рѣкою наносы и разрабатываетъ болѣе глубокій ходъ, дающій возможность проходить судамъ съ большей осадкой. Такимъ образомъ рѣка, такъ сказать, самоочищается отъ осадковъ.



Черт. 132.

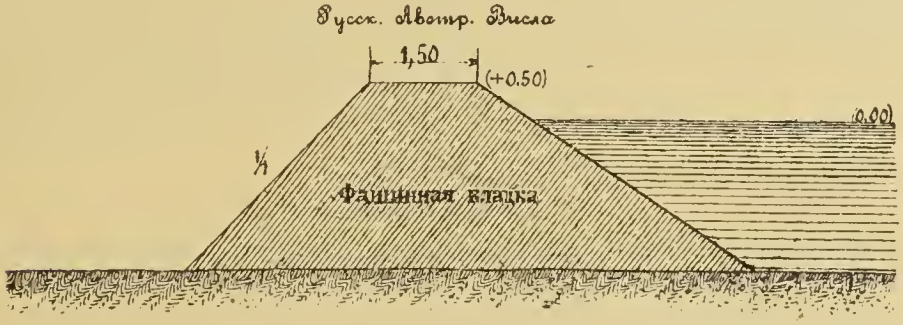
Выправительныя работы были примѣнены, между прочимъ, на рѣкахъ Одерѣ, Эльбѣ, Рейнѣ, Вислѣ, Припяти, Днѣпрѣ и др. Благодаря такимъ работамъ, на Рейнѣ нынѣ могутъ плавать суда, поднимающія втрое больше груза противъ прежняго.

Выправленіе русла рѣки достигается обыкновенно сооруженіями двухъ типовъ: продольными *струенаправляющими дамбами* и поперечными *полузапрудами* или *бунами*. Дамбы располагаются преимущественно у вогнутаго размываемаго берега рѣки, параллельно проектному ходу, при чемъ откосы ихъ, обращенные къ рѣкѣ, должны образовать будущій берегъ. Полузапруды располагаются у выпуклаго мелкаго берега, подъ угломъ или перпендикулярно къ направленію хода (фарватера) такимъ образомъ, чтобы головы ихъ совпадали съ проектируемою береговою линіей (черт. 132). При правильномъ расположеніи бунъ пространство между ними быстро заносится пескомъ и иломъ, приносимыми водою во время половодья, вслѣдствіе чего въ мѣстѣ расположенія бунъ со временемъ образуется новый берегъ, который иногда закрѣпляютъ разсадками ивы. Точно такъ же для содѣйствія занесенію пескомъ пространства за дамбами, онѣ мѣстами прерываются для прохода воды, которая складываетъ за дамбами свои наносы. Дамбы и буны

прочно соединяются съ берегомъ рѣки, дабы вода не обошла этихъ сооруженій и не размыла русла еще шире. Сооруженія эти устраиваются изъ камня или изъ фашинъ (т.-е. пуковъ хвороста, связанныхъ вмѣстѣ въ видѣ тюфяковъ и иногда загруженныхъ камнемъ) и въ поперечномъ разрѣзѣ имѣютъ видъ трапеціи (черт. 133).

Одновременно съ возведеніемъ выправительныхъ сооруженій производится укрѣпленіе береговъ въ тѣхъ мѣстахъ рѣки, гдѣ они подвергаются размыву; укрѣпленіе это достигается покрытіемъ берегового откоса фашинами, камнемъ или тѣмъ и другимъ вмѣстѣ.

Выправленіе судоходныхъ рѣкъ всегда ведется внизъ по теченію ихъ, и выправительныя сооруженія располагаются такъ, чтобы желаемыя улучшенія въ рѣкѣ достигались съ возможно меньшими измѣненіями естественныхъ стремленій ея потока.

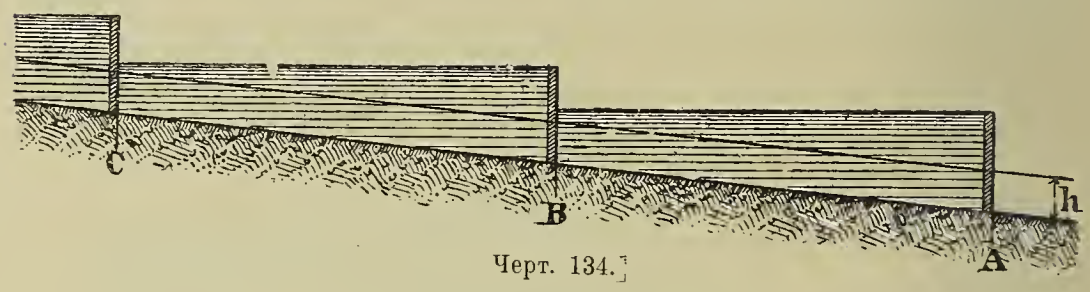


Черт. 133.

Для полученія возможности судоходства по рѣкамъ, состояніе которыхъ не можетъ быть улучшено регулированіемъ, прибѣгаютъ къ такъ называемому *шлюзованію* (канализаціи) рѣки. Шлюзованіе рѣки состоитъ въ устройствѣ въ руслѣ ея такихъ загражденій, которыя: 1) поднимаютъ горизонтъ воды въ рѣкѣ и тѣмъ увеличиваютъ глубину ея, 2) позволяютъ пропускать излишнюю воду во время ея избытка и 3) будучи снабжены приспособленіями (такъ называемыми, *шлюзами;* см. «Шлюзы»), даютъ возможность пропуска судовъ вверхъ или внизъ по рѣкѣ. Шлюзованная рѣка имѣетъ видъ, показанный на черт. 134; АВ—это вышеупомянутыя загражденія. Загражденія (плотины) АВ бываютъ обыкновенно разборчатыми, иными словами, имѣютъ такую конструкцію, которая позволяетъ весною, во время половодья, всей массѣ воды свободно протекать по рѣкѣ. Тогда и судоходство можетъ совершаться обыкновеннымъ образомъ, какъ на всякой естественно судоходной рѣкѣ. Участки рѣки между плотинами АВ называются *бьефами.*

О плотинахъ и шлюзахъ подробнѣе см. отдѣльную статью. Здѣсь замѣтимъ только вообще, что посредствомъ разборчатыхъ плотинъ и раціонально построенныхъ шлюзовъ всякую несудоходную рѣку можно привести въ судоходное состояніе, при которомъ въ теченіе всего маловоднаго періода возможно непрерывное плаваніе судовъ какъ вверхъ, такъ и внизъ по рѣкѣ.

Кромѣ естественно судоходныхъ и шлюзованныхъ рѣкъ, въ систему водныхъ путей сообщенія входятъ еще и такъ назыв. *судоходные каналы*, т.-е. искусственно вырытыя русла для воды. Судоходные каналы устраиваются для соединенія двухъ судоходныхъ рѣкъ, не имѣющихъ между собою естественнаго воднаго сообщенія (это такъ называемые *соединительные* каналы), или для обхода какихъ-нибудь препятствій судоходству, напримѣръ,



Черт. 134.

въ обходъ озеръ, подверженныхъ бурямъ, въ обходъ пороговъ и пр. (*обходные* каналы).

Сюда же относятся и каналы внѣшняго плаванія или *морскіе*, которые либо прорѣзываютъ перешейки и сокращаютъ большимъ кораблямъ путь между морями (напр., Суэзскій каналъ, длиною 150 верстъ, построенный Лессепсомъ въ 1859—1860 гг., соединяетъ Средиземное море съ Краснымъ, сокращая болѣе чѣмъ на 3.000 морскихъ миль—свыше 5.200 верстъ—путь изъ Европы въ Индію), либо служатъ для обхода *баровъ*, т.-е. мелей въ устьяхъ рѣкъ (напр., С.-Петербургскій каналъ), или, наконецъ, прокладываютъ морской путь далеко во внутрь страны, прямо къ центру промышленности (напр., Манчестерскій морской каналъ).

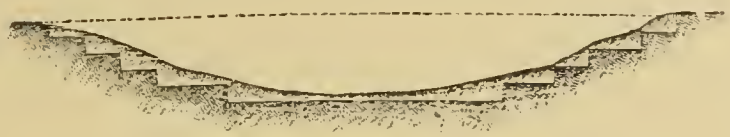
6. Плотины. Шлюзы.

Плотины. Плотиною называется искусственная преграда для воды. Между плотинами различаются *водоудержательныя* и *водоподъемныя*.

I. *Водоудержательными* плотинами загораживаются балки, овраги и ложбины для образованія *водохранилищъ* (резервуаровъ,

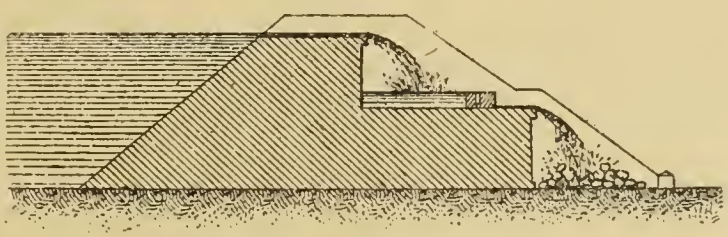
прудовъ), въ которыхъ скопляются дождевыя и снѣговыя воды. Запасами этихъ водъ пользуются для водоснабженія населенныхъ мѣстъ, для орошенія полей въ сухое время года и для дополнительнаго водоснабженія рѣкъ, имѣющихъ недостаточную для судоходства глубину (напр., заводское водохранилище для р. Мсты и р. Тверцы въ Вышневолоцкой системѣ).

Водоудержательныя плотины устраиваются изъ земли, каменной кладки, бетона, дерева. Земляныя плотины имѣютъ сравни-



Черт. 135.

тельно небольшую высоту, и ихъ не слѣдуетъ дѣлать выше 10 саж. При возведеніи земляной плотины необходимо особенно заботиться о прочной связи ея съ основаніемъ, которое должно быть непроницаемо для воды. Съ этою цѣлью грунтъ въ предѣлахъ основанія долженъ быть совершенно освобожденъ отъ растительнаго и торфянаго покрова и срѣзанъ горизонтальными уступами по продольной профили плотины (черт. 135). Наилучшею естественною землею для возведенія земляныхъ плотинъ представляется песчаноглинистая, содержащая 50—60% крупнаго песка.

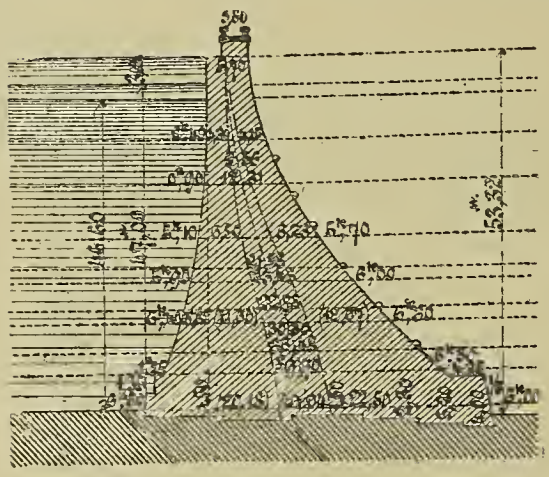


Черт. 136.

Самою важною мѣрою предохраненія земляной плотины отъ поврежденій представляется выпускъ излишнихъ водъ изъ водохранилища, дабы при самыхъ сильныхъ прибыляхъ воды подпорный горизонтъ никогда не достигалъ верха плотины. Съ этою цѣлью обыкновенно устраиваются *водосливы* либо въ самой плотинѣ, но не у конца, либо, лучше, внѣ ея. Водосливы, устраиваемые въ тѣлѣ плотины, бываютъ каменные или деревянные. На черт. 136 показанъ каменный водосливъ.

Для полезныхъ пропусковъ и для совершеннаго выпуска воды изъ водохранилища въ земляныхъ плотинахъ устраиваются *водоспуски*, состоящіе или изъ чугунныхъ трубъ, проложенныхъ въ основаніи плотинъ и закрываемыхъ клапанами и задвижками, или изъ каменныхъ колодцевъ, имѣющихъ нѣсколько отверстій по высотѣ, закрываемыхъ щитами болѣе или менѣе сложной конструкціи. Возведеніе всякой земляной плотины начинается всегда съ устройства водоспуска.

Каменныя водоудержательныя плотины впервые были построены въ Испаніи въ XVI в. Эти плотины требуютъ хорошихъ основаній, при чемъ при высотѣ выше 14 саж. могутъ быть возводимы лишь на скалистыхъ грунтахъ. Первоначально онѣ были прямоугольнаго сѣченія. Нынѣ плотинамъ придаютъ въ поперечномъ разрѣзѣ трапецоидальную форму; при подпорѣ же свыше 14 саж. раціональною представляется форма криволинейной трапеціи. На черт. 137 представлена такой формы каменная плотина Фюренскаго резервуара во Франціи. Поддерживаемый ею подпоръ (т.-е. глубина воды у нея) равенъ почти $23\frac{1}{2}$ саж., а длина ея поверху — 47 саж.



Черт. 137.

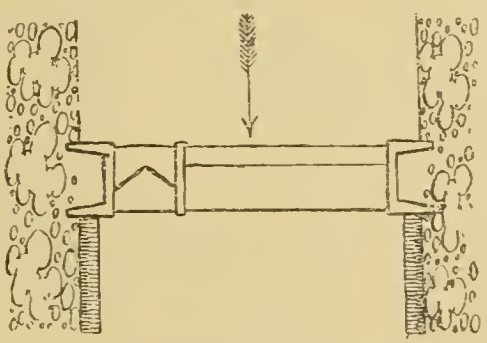
Бетонныя плотины, т.-е. плотины, построенныя изъ смѣси цемента, песка и щебня, представляютъ собою новыя сооруженія, примѣняющіяся преимущественно въ Сѣверной Америкѣ.

Деревянныя плотины устраиваются въ видѣ срубовъ (ряжей), наполненныхъ камнемъ. Самостоятельно въ качествѣ водоудержательныхъ плотинъ, онѣ обыкновенно не примѣняются, а служатъ водосливными и водоспускными частями земляныхъ водоудержательныхъ плотинъ и въ такой формѣ являются господствующими въ Россіи (Верхневолжское водохранилище).

II. *Водоподъемныя* плотины устраиваются поперекъ рѣкъ, чтобы поднять уровень воды и образовать искусственный водосливъ, которымъ пользуются какъ механическою силою (напр., для водяныхъ мельницъ); или же водоподъемныя плотины устраиваются въ цѣляхъ навигаціонныхъ, чтобы привести мелкія рѣки или каналы въ судоходное состояніе.

III. Кромѣ водоудержательныхъ и водоподъемныхъ, бываютъ еще плотины, которыя возводятся вдоль рѣчныхъ береговъ для направленія теченія соотвѣтственно потребностямъ судоходства (это такъ называемыя *струенаправляющія дамбы*) (см. Водные пути) и по берегамъ рѣкъ, озеръ и морей (береговыя *защитительныя дамбы*) для предохраненія отъ наводненій и для предупрежденія вторженія морскихъ водъ во внутренность страны.

Классическій примѣръ плотинъ второй категоріи представляютъ собою защитительныя *голландскія* дамбы. По геологическимъ изслѣдованіямъ оказывается, что низменность, занимаемая Голландіей, медленно опускается. Поэтому съ незапамятныхъ временъ голландцы вступили въ борьбу съ моремъ и постепенно отвоевываютъ отъ него все бо́льшія территоріи. Отвоевываніе земли у моря достигается сооруженіемъ цѣлой системы дамбъ, окружающихъ собою участки пахотной земли или луговъ.



Черт. 138.

Шлюзы. Шлюзомъ вообще называется такое загражденіе воды, которое въ случаѣ надобности можно открывать или закрывать. Въ болѣе же тѣсномъ и употребительномъ смыслѣ подъ шлюзомъ разумѣютъ сооруженіе, назначенное для пропуска матеріаловъ, сплавляемыхъ розсыпью, и особенно судовъ изъ одного *бьефа*, т.-е. участка судоходнаго канала или шлюзованной рѣки, въ другой бьефъ.

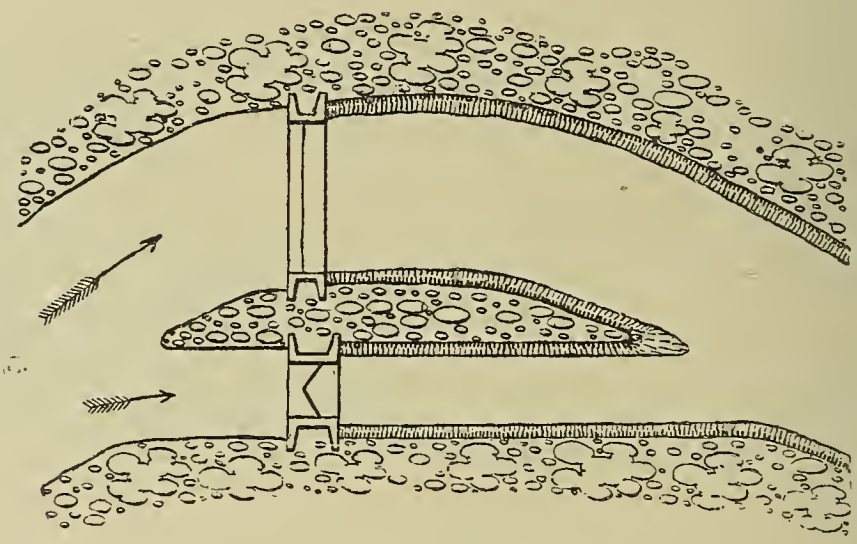
Шлюзъ устраивается, или въ водоподъемной плотинѣ у одного изъ береговъ рѣки для удобства бечевой тяги (черт. 138), или отдѣльно отъ плотины въ особомъ каналѣ, такъ называемомъ, *деріваціонномъ*, т.-е. обходномъ (черт. 139). На этихъ чертежахъ показанъ шлюзъ въ его первоначальной конструкціи, называемой въ Россіи *полушлюзомъ*. Открывая затворъ полушлюза, дѣлалось сообщеніе между обоими бьефами.

При открытіи затвора, изъ верхняго бьефа въ нижній устремляется потокъ, при чемъ въ концѣ стѣнъ полушлюза образуется перепадъ, а за нимъ — обратная волна. Судно, спускающееся черезъ полушлюзъ изъ верхняго бьефа въ нижній, на перепадѣ имѣетъ стремленіе удариться носомъ въ дно русла, а восходя на обратную волну, подвергается продольному изламывающему усилію. Судно же, идущее въ противоположномъ на-

правленіи, т.-е. въ верхній бьефъ, встрѣчаетъ громадное сопротивленіе отъ встрѣчной волны и тоже подвергается изламывающимъ усиліямъ.

Всѣ эти недостатки полушлюзовъ были устранены съ изобрѣтеніемъ такъ называемыхъ *камерныхъ шлюзовъ*.

Камерный шлюзъ (черт. 140 и 141) состоитъ изъ двухъ полушлюзовъ *A* и *B*, соединенныхъ между собою боковыми стѣнами. Пространство между этими стѣнами и затворами полушлюзовъ называется *камерою* и предназначено для помѣщенія въ немъ судна во время шлюзованія; поэтому длина камеры должна соотвѣтствовать длинѣ наибольшаго изъ судовъ, обращающихся на водномъ пути.



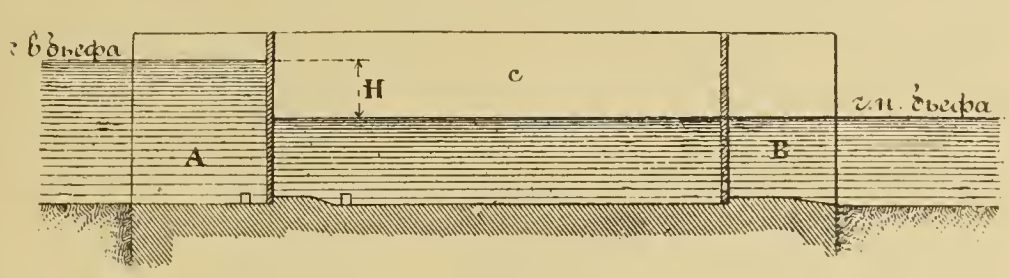
Черт. 139.

Камерные шлюзы, подобно полушлюзамъ, разсмотрѣннымъ выше, располагаются, или въ водоподъемной плотинѣ у одного изъ береговъ рѣки, или, раціональнѣе, въ обходномъ (деривационномъ) каналѣ. Расположеніе шлюза при плотинѣ, въ самомъ руслѣ рѣки, имѣетъ за собою преимущество въ томъ случаѣ, если высокія воды выходятъ изъ береговъ рѣчного русла и деривационный каналъ нельзя оградить дамбами отъ затопленія.

Боковыя стѣны камерныхъ шлюзовъ возвышаются надъ подпорнымъ горизонтомъ обыкновенно на 2 фута. Оба полушлюза закрываются чаще всего двухстворчатыми воротами: «верхними» (въ верхнемъ концѣ шлюза) и «нижними» (въ низовомъ). Камера сообщается съ обоими бьефами или посредствомъ *оконъ* въ воротахъ (*n*,*n* въ черт. 141) или посредствомъ водопроводныхъ

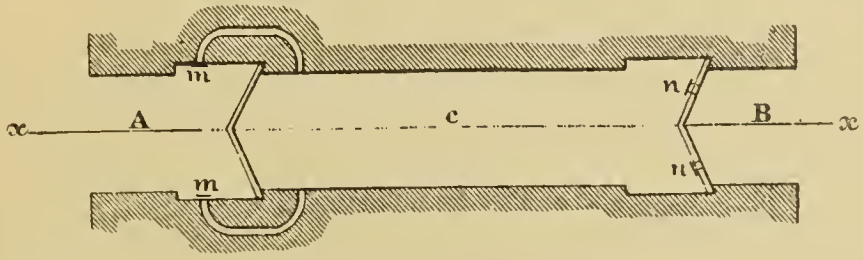
каналовъ (*m*,*m* въ черт. 141). И окна, и каналы закрываются щитами. При большихъ размѣрахъ шлюзовой камеры водопроводные каналы идутъ вдоль стѣнъ шлюза отъ одного бьефа до другого и снабжены отвѣтвленіями въ камеру.

Для проведенія судна изъ верхняго бьефа въ нижній или въ обратномъ направленіи, необходимо сначала сравнить горизонтъ воды въ камерѣ съ горизонтомъ того бьефа, *изъ котораго*



Черт. 140.

судно ведется; послѣ чего судно можетъ быть введено въ камеру. Поэтому, напр., для проведенія судна изъ верхняго бьефа въ нижній поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Открываютъ щиты *m*, держа закрытыми отверстія *n*; вода изъ верхняго бьефа входитъ въ камеру до тѣхъ поръ, пока горизонты ея въ камерѣ и въ верхнемъ бьефѣ не сравняются. Тогда «верхнія» ворота, освобожденныя отъ напора воды со стороны верхняго бьефа, открываются вручную или помощью механизмовъ, и судно вво-



Черт. 141.

дится въ камеру. Послѣ этого «верхнія» ворота закрываются; закрываются и щиты *m*. Для вывода судна изъ камеры въ нижній бьефъ открываютъ щиты *n*: вода изъ камеры уходитъ въ нижній бьефъ, а судно садится до тѣхъ поръ, пока горизонтъ воды въ камерѣ не станетъ на одномъ уровнѣ съ горизонтомъ нижняго бьефа. Послѣ этого «нижнія» ворота, подверженныя одинаковымъ давленіямъ съ обѣихъ сторонъ, могутъ быть свободно открыты, а судно выведено въ нижній бьефъ.

Чтобы перевести судно изъ нижняго бьефа черезъ шлюзъ въ верхній бьефъ поступаютъ обратно.

Итакъ, мы видимъ, что проведеніе судна черезъ камерный шлюзъ, какъ сверху внизъ, такъ и снизу вверхъ, и при всякой разности горизонтовъ бьефовъ не представляетъ тѣхъ опасностей и неудобствъ для судоходства, какими страдаетъ пропускъ судовъ черезъ полушлюзы; сверхъ того, каждый пропускъ судна сопровождается расходомъ лишь небольшого количества воды (зависящаго отъ размѣровъ камеры и высоты подпора), что особенно важно для маловодныхъ рѣкъ.

7. Порты.

Портъ, являясь узловой станціей водныхъ путей сообщенія, долженъ имѣть сооруженія для безопасной и удобной стоянки судовъ; во-вторыхъ, необходимо сдѣлать удобной и безопасной нагрузку и выгрузку привозимыхъ и отвозимыхъ товаровъ, а также ихъ храненіе; въ-третьихъ, портъ долженъ обладать сооруженіями для ремонта судовъ, для постройки таковыхъ и для снабженія ихъ всѣмъ необходимымъ.

Отсюда понятно, что въ такомъ благоустроенномъ порту должны быть очень разнообразныя и многочисленныя портовыя сооруженія, а именно:

1) чтобы имѣть свободный, удобный, безопасный, хорошо обставленный и освѣщенный входъ и выходъ, необходимо имѣть всякаго рода знаки: *вѣхи*, *бакены*, *маяки*.

2) Чтобъ дать возможность укрыться судамъ отъ бури, непогоды, или чтобъ они могли стоять безопасно на якорѣ, должны существовать такъ называемые *рейды* — части моря, болѣе или менѣе защищенныя отъ вѣтровъ и волненія и т. д.

3) Чтобы возможна была сдача, получка товара — должны быть *бассейны* съ оборудованными *набережными* для грузовыхъ операцій, *склады*, *пакгаузы*, *элеваторы*, *навѣсы*.

4) Чтобы ремонтировать износившіяся за дорогу суда, покрасить, обчистить отъ водорослей и раковинъ и чтобы строить новые — надо имѣть *эллинги* и *доки* и т. д.

Сооруженія, связанныя съ берегомъ и предназначенныя для защиты порта отъ волненія, называются *молами* [1]). Такія же сооруженія, но построенныя въ морѣ и представляющія собою от-

---

[1]) Молъ представляетъ изъ себя возвышающуюся со дна моря ограду, внутри которой и располагается гавань.

Черт. 142.

дѣльныя, несоединенныя съ берегомъ морскія дамбы, называются *волноломами*.

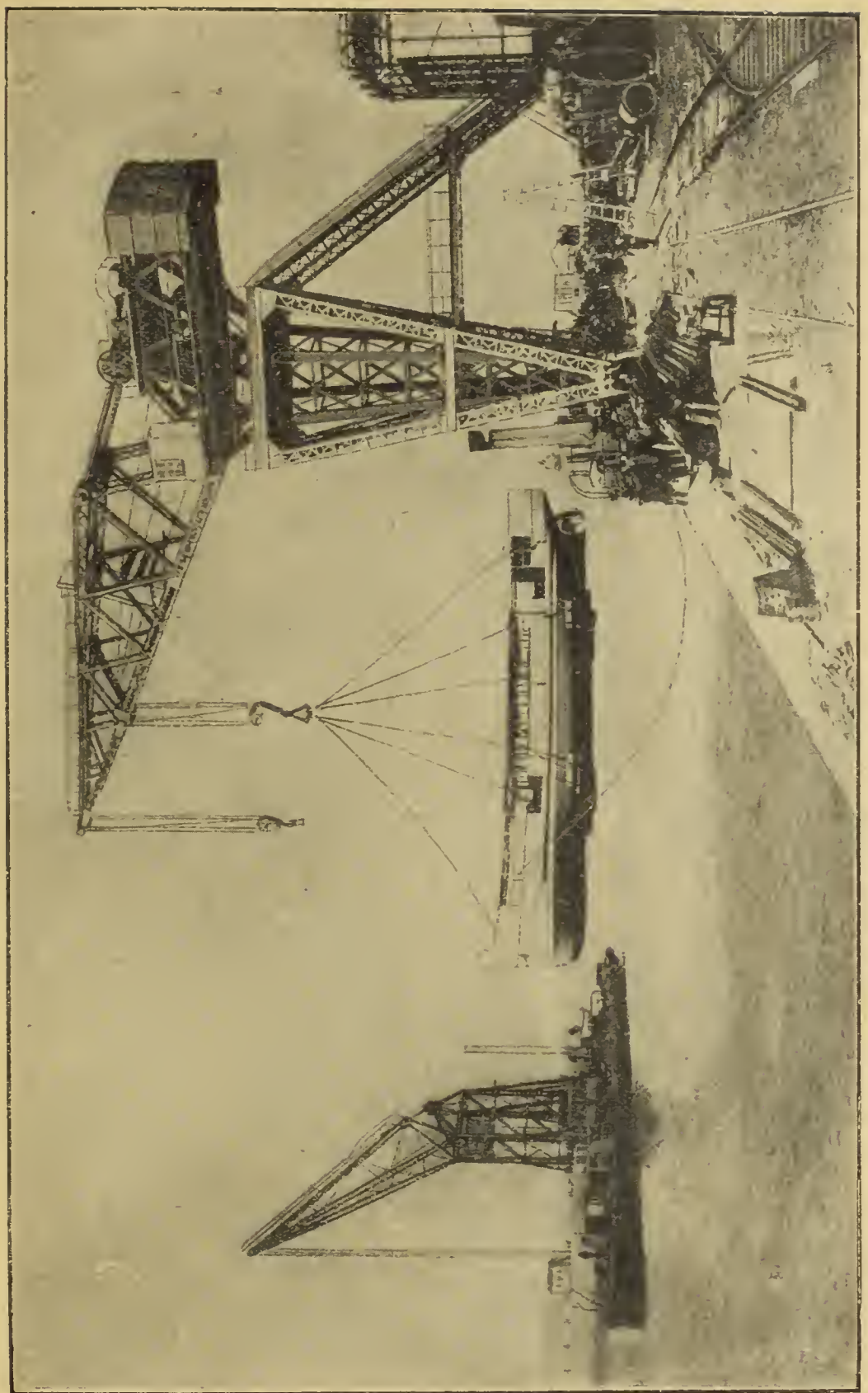
Матеріаломъ для устройства портовыхъ моловъ служитъ дерево, фашины, камень и металлы (чугунъ, желѣзо).

Выборъ того или другого матеріала обусловливается, съ одной стороны, нахожденіемъ его въ данномъ мѣстѣ, и съ другой — свойствами грунта, присутствіемъ и отсутствіемъ морского шашня, разрушающаго дерево, и другихъ вредныхъ моллюсковъ, а также и силой волненія, и ледохода.

Разсмотрѣнныя сооруженія располагаются обыкновенно перпендикулярно къ направленію господствующаго вѣтра. Впрочемъ, кромѣ волненія приходится иногда защищать портъ и отъ движущихся наносовъ, и отъ движущагося льда. Послѣднее обстоятельство иногда заставляетъ нѣсколько отклонять направленіе моловъ и волноломовъ. Кромѣ того, и форма гаваней и рейдовъ заставляетъ порою измѣнять этому правилу. Тѣ рейды, гдѣ суда стоятъ на якоряхъ, требуютъ большую площадь при наименьшей протяженности ихъ обвода, значитъ форма ихъ стремится подойти къ квадрату или кругу. Наоборотъ, тамъ, гдѣ производится погрузка и разгрузка товаровъ, гавань требуетъ наибольшей протяженности причальной линіи при наименьшей водной площади бассейна, т.-е. форма гавани въ этомъ случаѣ—вытянутый прямоугольникъ, при чемъ ширина его все же подчинена извѣстнымъ требованіямъ (достаточно свободный проходъ встрѣчныхъ судовъ и возможность ихъ поворачиванія).

Но, прежде чѣмъ судну войти въ портъ и тамъ найти защиту и покой, необходимо на пути его слѣдованія — во всѣхъ случаяхъ опаснаго плаванія (вдоль береговъ, мимо мелей, между островами и т. д.) — точно указать предѣлы безопаснаго движенія. Это достигается устройствомъ различныхъ знаковъ, какъ для дневныхъ указаній (рѣзкая окраска и особенная форма), такъ и для ночныхъ (яркіе и цвѣтные огневые знаки). Изъ послѣднихъ укажемъ, прежде всего, на *маяки*, т.-е. башни, устраиваемыя на морскихъ берегахъ или въ самомъ морѣ, для зажиганія на нихъ ночью огней (черт. 142).

Маяки раздѣляются, прежде всего, на *береговые* и *морскіе*, а затѣмъ на: 1) *указательные*, устраиваемые въ открытомъ морѣ для повѣрки опредѣленія исчисленія курса, взятаго судномъ, 2) *предостерегательные*, какъ явствуетъ изъ названія, указывающіе опасные пункты, и 3) *портовые* — при входахъ въ гавань, при чемъ они чаще называются *портовыми огнями* и помѣщаются на концахъ моловъ и волноломовъ.



Черт. 143.

Изъ другихъ знаковъ, служащихъ для обозначенія какъ пути плаванія днемъ, такъ и положенія подводныхъ балокъ, камней, рифовъ, мелей служатъ вѣхи и бакены.

Разсмотрѣнныя сооруженія представляютъ *внѣшнія портовыя сооруженія*. Перейдемъ къ описанію *внутреннихъ*.

Изъ нихъ назовемъ, прежде всего, *набережныя*. Длина набережныхъ въ каждомъ портѣ зависитъ отъ такъ называемаго *грузооборота*, т.-е. отъ количества груза, привозимаго и вывозимаго изъ даннаго порта въ теченіе года или въ теченіе навигаціи.

Набережныя, въ зависимости отъ грунтовъ, гдѣ онѣ устраиваются, съ одной стороны, и отъ глубинъ и нагрузокъ на нихъ—съ другой, дѣлаются или *деревянныя* (свайныя и ряжевыя) или *каменныя* (изъ каменной кладки, изъ бетонныхъ массивовъ, изъ литого бетона), или *металлическія* (очень рѣдко). Чаще же ихъ строятъ *смѣшанными* (каменныя на деревянныхъ основаніяхъ и т. д.).

Принадлежностями набережныхъ являются: *охранныя рамы*—деревянныя приспособленія, состоящія изъ связанныхъ между собою горизонтальныхъ и вертикальныхъ брусьевъ, задача которыхъ заключается въ томъ, чтобъ стоящее у набережной судно нигдѣ не могло бы касаться непосредственно ея, а удары и треніе судна принимали бы на себя эти рамы; *отбойныя сваи*, задача которыхъ та же, что и предыдущихъ рамъ, но употребляются онѣ въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтъ допускаетъ забивку ихъ; *причальныя тумбы*, служащія для отвертыванія судовъ у набережной; *рымы*, или *причальныя кольца*, для тѣхъ же цѣлей; *лѣстницы* и *стремянки*, т.-е. тоже лѣстницы, но желѣзныя и примыкаемыя плотно къ вертикальной стѣнѣ набережной.

Набережныя снабжаются *кранами*, помощью которыхъ производится нагрузка и выгрузка судовъ (черт. 143). Кромѣ того, въ каждомъ порту есть *плавучіе краны* (черт. 143), которыми пользуются при снаряженіи и ремонтѣ судовъ.

Сооруженія, служащія для постройки и исправленія морскихъ судовъ, называются *эллингами* и *доками*. Эллинги [1]) дѣлятся на эллинги *судостроительные* и *Мортоновые*. Первые — это устраиваемая на берегу наклонная плоскость, на которой производится постройка судна и откуда готовое судно при посредствѣ нѣкоторыхъ приспособленій спускается въ воду.

---

[1]) Голландское слово Helling—наклонная плоскость.

У эллинга всегда имѣется: надводная часть или просто *стапель* — мѣсто, гдѣ собственно строится судно, и подводная, или *передовой стапель (онъ же подводный спусковой фундаментъ)*,

Черт. 144.

служащій для поддержанія и направленія готоваго судна при спускѣ.

Само собой, что уклонъ эллинга зависитъ отъ величины строящагося судна. Такъ, для судовъ въ 1.500 тоннъ[1]) уклонъ

[1]) Тонна = 61.0275 пуд.

$^1/_{12}$, для шхунъ отъ 400 до 500 тоннъ — $^1/_{10}$, для казенныхъ броненосцевъ — $^1/_{14}$, $^1/_{16}$ и даже $^1/_{20}$. Понятно, что строить для каждаго роста судовъ отдѣльные эллинги не стоитъ, а лучше на постоянномъ эллингѣ устраивать, по мѣрѣ надобности, временную постель соотвѣтственнаго судну уклона. Вотъ эта-то постель и называется *временнымъ спусковымъ фундаментомъ*.

Судно строится на стапелѣ кормою внизъ и притомъ всегда на *кильблокахъ* или *стапельблокахъ*, т.-е. на короткихъ брусьяхъ, уложенныхъ по оси и перпендикулярно ей, обыкновенно черезъ 5 футовъ одинъ отъ другого, и удерживается въ нормальномъ положеніи окружающими его лѣсами и упорами.

Въ 1818 году шотландецъ *Мортонъ* впервые устроилъ телѣжку *для вытаскиванія судовъ* на берегъ въ цѣляхъ ихъ ремонта, осмотра, очистки, покраски. Такого-то рода эллинги и извѣстны у насъ подъ именемъ *Мортоновыхъ эллинговъ*. Уклонъ ихъ не круче $^1/_{12}$, ширина не меньше ширины судна. Поставленное на телѣжку судно поднимается по уложеннымъ на наклонной плоскости берега рельсамъ при посредствѣ подъемныхъ машинъ со скоростью отъ 1 до $^1/_2$ фута въ минуту, т.-е. полное поднятіе судна происходитъ отъ 8 до 20 часовъ. Для того, чтобъ увеличить скорость подъема, нужно или уменьшить уклонъ стапеля или увеличить силу машины. Поэтому нерѣдко можно встрѣтить Мортоновы эллинги и съ уклономъ въ $^1/_{24}$.

Иногда устраиваются *поперечные эллинги*, т.-е. такіе, гдѣ судно вытаскивается на берегъ бокомъ. Эти эллинги имѣютъ свои преимущества передъ продольными, а именно: стапель ихъ можно дѣлать болѣе крутымъ, значитъ менѣе ихъ выдвигать въ рѣку, теченіе которой не ударяетъ въ бокъ судна и не угрожаетъ при большомъ теченіи своротить преждевременно со стапеля, а слѣдовательно, и изуродовать его или, вообще, попортить. Невыгодны же тѣмъ, что требуютъ большого мѣста вдоль берега и нуждаются въ очень сложныхъ и дорогихъ подъемныхъ механизмахъ. Да вообще, нужно замѣтить, что при подъемѣ, да и при спускѣ тоже судовъ, на любомъ изъ этихъ эллинговъ всегда есть опасность причинить судамъ тѣ или другія поврежденія, не говоря уже о томъ, что эта опасность возрастаетъ для судовъ большихъ размѣровъ и громадной нагрузки, какъ, напримѣръ, для военныхъ судовъ.

Сухой докъ — это бассейнъ съ непроницаемыми для воды дномъ и стѣнами, имѣющій удобное сообщеніе съ гаванью и сравнительно легко опоражниваемый или наполняемый водой. Отъ гавани онъ отдѣляется *затворами*, состоящими или изъ

батопорта, или изъ *шлюзныхъ воротъ*, или изъ, такъ называемаго, *катучаго затвора*. Для введенія судна открываютъ затворъ дока, осторожно втягиваютъ или вручную, или воротами судно, точно устанавливаемое затѣмъ надъ *кильблоками*, запираютъ входъ затворомъ, а затѣмъ выкачиваютъ воду. Судно постепенно садится на подобранные заранѣе для него кильблоки (деревянные, каменные или чугунные) и поддерживается съ боковъ рядомъ подпоръ.

Въ портахъ нерѣдко имѣются еще *плавучіе* доки.

Плавучіе доки — суть плавающіе деревянные или желѣзные ящики (понтоны), служащіе для подъема изъ воды судовъ, предназначаемыхъ къ осмотру или исправленію (черт. 144).

Для этого плавучій докъ погружается (топится) въ воду на такую глубину, чтобы надъ нимъ по линіи кильблоковъ, имѣющихся и здѣсь, можно было установить на плаву само судно. Затѣмъ понтонъ поднимается, а вмѣстѣ съ нимъ поднимается изъ воды и судно. Погруженіе производится впускомъ въ понтонъ воды, а поднятіе — выкачиваніемъ ея изъ него.

Въ заключеніе слѣдуетъ упомянуть о докахъ, изъ которыхъ не выкачивается вода по вводѣ въ него судна, а, наоборотъ, накачивается, для обнаженія судна, т.-е. о докахъ *наливныхъ*.

Эта операція идетъ слѣдующимъ образомъ: открывается входъ въ докъ, вводится судно, ставится батопортъ на мѣсто, накачивается въ докъ вода, уровень которой становится, слѣдовательно, выше, чѣмъ въ морѣ (или рѣкѣ). Судно на плаву отводится въ сторону и устанавливается на постоянной платформѣ, поверхность которой выше морского уровня. Послѣ этого вода изъ дока выпускается простымъ открываніемъ батопорта, и судно, обнажаясь, садится на кильблоки.

Ясно, что такіе доки могутъ быть сооружаемы для судовъ сравнительно малой осадки и при условіи одновременнаго ремонта нѣсколькихъ судовъ сразу. Кромѣ того, прибѣгать къ нимъ заставляютъ иногда обиліе почвенныхъ водъ и ключей, дающихъ большое количество фильтраціонной воды и, слѣдовательно, очень затрудняющихъ въ такихъ мѣстахъ устройство сухихъ доковъ.

Механическая технологія.

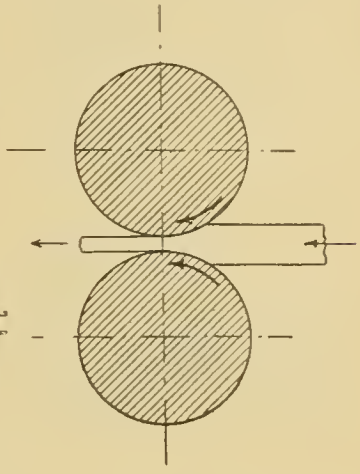
1. Обработка металловъ.

Металлы на металлургическихъ заводахъ получаются въ видѣ большихъ кусковъ и слитковъ, или, какъ говорятъ, въ сыромъ видѣ. Для того, чтобы придать металламъ форму безконечно разнообразныхъ металлическихъ предметовъ, всюду окружающихъ насъ въ жизни, ихъ надо такъ или иначе *обработать*. Описаніе различныхъ пріемовъ, средствъ и приспособленій, при помощи которыхъ производится *обработка сырыхъ металловъ* въ предметы потребленія и торговли, составляетъ содержаніе науки, называемой *механической технологіей металловъ*. Отдѣлами механической технологіи металловъ являются: 1) *прокатное и кузнечное дѣло*, 2) *металлообрабатывающіе станки*. Литейное дѣло излагаетъ способы формоизмѣненія металловъ, основанные на ихъ свойствѣ жидкости или плавкости; прокатное и кузнечное дѣло описываетъ методы обработки на основаніи свойства ковкости; отдѣлъ металлообрабатывающихъ станковъ охватываетъ большую область обработки металловъ въ холодномъ состояніи путемъ снятія стружки.

I. Прокатное и кузнечное дѣло относятся къ горячей обработкѣ металловъ, основанной на свойствѣ ихъ *пластичности* (ковкости). Ковкость большинства металловъ увеличивается съ повышеніемъ температуры. Желѣзо и сталь становятся ковкими только при нагрѣвѣ до свѣтло-краснаго каленія (1000° С.), а потому всѣ работы по прокаткѣ и ковкѣ ведутся послѣ предварительнаго нагрѣва обрабатываемыхъ предметовъ.

а) *Прокатное дѣло* обнимаетъ собою рядъ работъ, имѣющихъ цѣлью придать сырымъ металламъ форму, необходимую или для удобства дальнѣйшей ихъ обработки, или для непосредственнаго примѣненія въ техническихъ сооруженіяхъ, т.-е. сообщить имъ ту первоначальную обработку, о которой выше была рѣчь. Прин-

цинъ формоизмѣненія путемъ прокатки заключается въ томъ, что кусокъ металла пропускается между двумя вращающимися въ разныя стороны цилиндрами, или такъ называемыми *валками*, при чемъ разстояніе между валками меньше толщины пропускаемаго между ними тѣла. Отъ дѣйствія силы тренія послѣднее увлекается вращающимися валками, а такъ какъ разстояніе между валками меньше толщины прокатываемаго предмета, то онъ при этомъ утоняется, раздается въ стороны и удлиняется. Принципы прокатки иллюстрируются черт. 145. На черт. 145 представлены въ поперечномъ разрѣзѣ два валика, между которыми прокатывается по направленію стрѣлки кусокъ металла. Такіе валки вращаются въ подшипникахъ, устройство которыхъ позволяетъ измѣнять разстояніе между валками. Подшипники укрѣпляются въ солидной чугунной рамѣ, и все вмѣстѣ взятое носитъ названіе *прокатнаго стана*. Самый процессъ прокатки совершается въ нѣсколько пріемовъ: послѣ первой прокатки куска металла (на черт. 145, справа налѣво) его захватываютъ клещами, переносятъ на правую сторону валковъ и снова пропускаютъ, уменьшивъ разстояніе между валками, и такимъ образомъ продолжаютъ прокатку до тѣхъ поръ, пока металлъ не получитъ требуемую форму и размѣры.



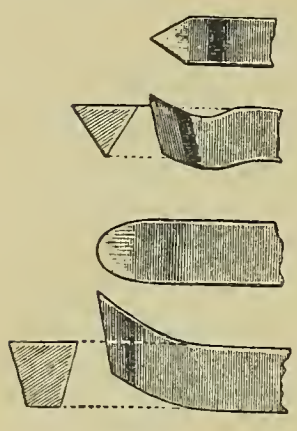
Черт. 145.

При прокаткѣ листовъ валки имѣютъ гладкую цилиндрическую поверхность, и сама прокатка идетъ только что описаннымъ путемъ. Если же изъ болванки надо прокатать полосу какого-нибудь фигурнаго сѣченія, напримѣръ, квадратнаго, круглаго или же угольника, рельса и проч., то тогда на всей поверхности валковъ дѣлаются углубленія, которыя представляютъ послѣдовательный переходъ отъ квадратнаго сѣченія болванки къ тому фигурному сѣченію, которое необходимо получить. Эти углубленія называются *ручьями* или *калибрами*. Сама прокатка представляетъ собою послѣдовательный пропускъ болванки черезъ всѣ калибры безъ измѣненія разстоянія между валками.

b) Кузнечное дѣло охватываетъ громадную область работъ по обработкѣ металловъ, основанной на свойствѣ ихъ ковкости. Кузнечныя работы по преимуществу являются подготовительными работами для дальнѣйшей болѣе точной ручной или механической обработки металловъ; рѣже издѣлія изъ кузницы поступаютъ непосредственно въ дѣло. Къ послѣднимъ относятся: нѣко-

торые предметы житейскаго обихода, части земледѣльческихъ орудій и части, служащія для скрѣпленій и соединеній въ строительномъ дѣлѣ, а также работы художественнаго характера: поручни, консоли, рѣшетки и проч.

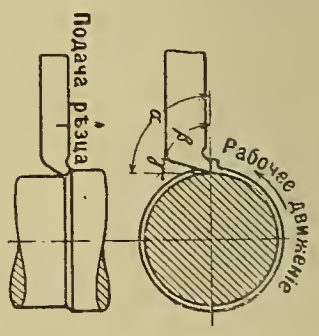
Сами работы по величинѣ и характеру обрабатываемыхъ предметовъ раздѣляются на ручныя и механическія. Первыя изъ нихъ производятся надъ сравнительно небольшими предметами силою ударовъ молота въ рукахъ кузнеца и, главнымъ образомъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда обрабатываются отдѣльные предметы, когда производство не имѣетъ массоваго характера. Механическая ковка имѣетъ мѣсто тамъ, гдѣ обрабатываются большіе предметы, для формоизмѣненія которыхъ необходимо примѣнять большія давленія; такія давленія могутъ дать только спеціально построенные паровые, воздушные, электрическіе молота и различные ковочные прессы. Механическая ковка примѣняется также тогда, когда необходимо производить большое количество мелкихъ одинаковыхъ предметовъ, т.-е. когда обработка носитъ массовый характеръ.



Черт. 146.

Къ числу кузнечныхъ работъ относится *свариваніе* желѣзныхъ и стальныхъ частей: если желѣзо нагрѣть до температуры бѣлаго каленія (1.400° С.), то оно приходитъ въ тѣстообразное состояніе; если два куска, нагрѣтые до этой температуры, наложить другъ на друга и сдавить ударомъ молота, то они такъ тѣсно соединятся между собой, что послѣ охлажденія будутъ представлять одно цѣлое: куски желѣза, какъ говорятъ, *сварятся*.

II. Обработка металловъ путемъ снятія стружки (металлообрабатывающіе станки). Всѣ работы, имѣющія своей цѣлью *точную обработку* металловъ по заранѣе заданнымъ размѣрамъ, пригонку частей одна къ другой и сообщеніе обрабатываемымъ предметамъ гладкой и чистой поверхности, производятся надъ холоднымъ металломъ и потому относятся къ отдѣлу холодной обработки металловъ. Эти работы такъ же, какъ и кузнечныя, раздѣляются на ручныя и механическія, въ зависимости отъ того, производятся ли онѣ ручными инструментами или на спеціальныхъ машинахъ, такъ называемыхъ *станкахъ*. Послѣдніе въ обработкѣ

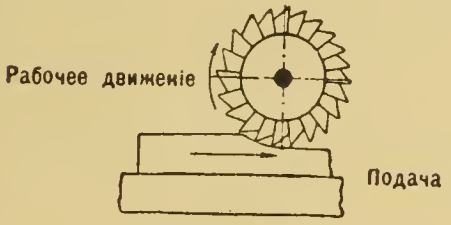


Черт. 147.

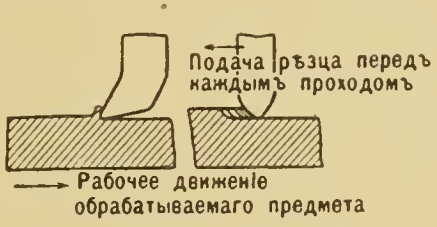
металловъ имѣютъ большое значеніе и постепенно вытѣсняютъ ручную работу, на долю которой остается еще пригонка отдѣльныхъ частей.

Механическая обработка на станкахъ основана исключительно на отдѣленіи (скалываніи) отъ металла стружки, т.-е. на рѣзаніи металла при помощи острыхъ, приготовленныхъ изъ очень твердаго матеріала (закаленная сталь) инструментовъ, называемыхъ рѣзцами (черт. 146).

Въ зависимости отъ того, какъ происходитъ на станкѣ рѣзаніе: движется ли обрабатываемый предметъ относительно неподвижнаго рѣзца, или, наоборотъ, и въ зависимости отъ того, каково это движеніе: вращательное или прямолинейное,—станки дѣлятся на соотвѣтствующія группы. На черт. 147—149 схематически изображены различные случаи отдѣленія стружки: 1) черт. 147: обрабатываемый предметъ вращается (рабочее движеніе), рѣзецъ же медленно и плавно перемѣщается по направленію стрѣлки.



Черт. 148.



Черт. 149.

Послѣднее движеніе, равное за одинъ оборотъ предмета толщинѣ снимаемой стружки, называется *подачей* (рѣзца); самый процессъ обработки является *обточкой*, а всѣ станки, построенные на этомъ принципѣ, *токарными*.

2) Обрабатываемый предметъ остается неподвижнымъ, а рѣзецъ (сверло) совершаетъ рабочее движеніе (вращательное) и подачу. Станки, работающіе по этому типу, называются сверлильными.

3) Черт. 148: рѣзецъ—въ данномъ случаѣ *фреза* (шарошка)—совершаетъ рабочее вращательное движеніе. Обрабатываемый предметъ медленно движется по направленію стрѣлки,—послѣднее движеніе является подачей. Станки этого класса носятъ названіе «фрезерныхъ (шарошечныхъ) станковъ».

Черт. 149: а) обрабатываемый предметъ движется прямолинейно впередъ и назадъ — рабочее движеніе, а рѣзецъ послѣ каждаго прохода предмета передвигается въ толщину стружки, т.-е. совершаетъ подачу. b) Возможенъ и обратный случай: рѣзецъ дви-

жется прямолинейно взадъ и впередъ, а обрабатываемый предметъ совершаетъ подачу. Этотъ типъ обработки является процессомъ строганія, а потому станки носятъ общее названіе строгальныхъ, подраздѣляясь на слѣдующіе три класса: движеніе по типу «a» — *строгальные станки*; движеніе по типу «b» рѣзецъ движется горизонтально — *шепинги* (или лимезы); рѣзецъ движется вертикально — *долбежные станки*.

Литература. *Ледебуръ.* «Механическая технологія металловъ». Спб., 1900 г. Ц. 10 р. *Гавриленко.* «Механическая технологія металловъ». Москва, 1902 г. Ц. 13 р. *Поляковъ.* «Основы механической технологіи металловъ». Москва, 1909 г. Ц. 3 р. 50 к. *Гюлле.* «Станки для обработка металловъ». Спб., 1909. Промышленность и техника, т. VI, «Технологія металловъ». Изд. Т-ва Посвѣщеніе».

2. Литейное дѣло.

Подъ именемъ литейнаго дѣла въ техникѣ извѣстно искусство изготовленія металлическихъ издѣлій посредствомъ плавки и послѣдующей затѣмъ отливки металловъ, съ каковой цѣлью расплавленный металлъ выливаютъ въ замкнутый или открытый сверху сосудъ и оставляютъ его въ этомъ сосудѣ до тѣхъ поръ, пока металлъ затвердѣетъ и приметъ форму, соотвѣтствующую внутреннимъ очертаніямъ сосуда.

Сосудъ, посредствомъ котораго отливаемому предмету сообщаютъ требуемыя очертанія, называется *литейной формою*. Переплавляемый металлъ — *литейнымъ матеріаломъ*, а полученный такимъ способомъ предметъ — *отливкою*.

Изъ металловъ первенствующее значеніе какъ литейные матеріалы имѣютъ: чугунъ, сталь, бронза. Отливки изъ этихъ металловъ находятъ обширное примѣненіе въ строительномъ и инженерномъ искусствѣ, въ машиностроительномъ дѣлѣ, при выдѣлкѣ домашней утвари, предметовъ вооруженія и проч. По этимъ соображеніямъ ниже и будутъ разсмотрѣны способы полученія отливокъ изъ указанныхъ металловъ.

Чугунъ, сталь и бронза, какъ литейные матеріалы. Въ зависимости отъ условій плавки рудъ въ доменныхъ печахъ (см. химич. технол.), различаютъ нѣсколько разновидностей чугуна, изъ которыхъ въ литейномъ дѣлѣ самостоятельно примѣняется главнымъ образомъ сѣрый чугунъ. Чугунъ этотъ отличается мягкостью въ расплавленномъ состояніи довольно жидокъ, остываетъ медленно и легко заполняетъ даже мельчайшія очертанія формы. Отливка изъ него выходитъ средней твердости и легко обрабатывается потомъ инструментами.

Другія разновидности чугуна въ литейной практикѣ самостоятельно примѣняются весьма рѣдко, а чаще идутъ въ дѣло въ смѣси съ сѣрымъ чугуномъ.

Нужно замѣтить, что сталь и чугунъ, какъ и другіе металлы, подчиняясь общему закону расширенія тѣлъ отъ теплоты, при остываніи уменьшаются въ объемѣ, или, какъ говорятъ, даютъ усадку, почему отливки всегда получаютъ размѣры меньшіе тѣхъ, какіе имѣла литейная форма.

Чугунъ плавится при 1050—1200° С. Сталь при 1300—1400° С.

Выборъ сорта стали для полученія той или иной отливки вполнѣ зависитъ отъ условій, которымъ должно удовлетворять издѣліе въ окончательномъ видѣ. Почему для стальныхъ отливокъ примѣняютъ какъ твердую (съ большимъ содержаніемъ углерода), такъ и мягкую сталь (малоуглеродистую).

Бронза. Бронза — сплавъ красной мѣди и олова, въ который какъ побочная примѣсь, весьма часто, входятъ цинкъ и свинецъ Въ зависимости отъ назначенія извѣстно чрезвычайное разнообразіе сплавовъ, напримѣръ:

а) орудійная бронза, на 100 ч. красной мѣди до 10% олова и 1—1½% цинка.

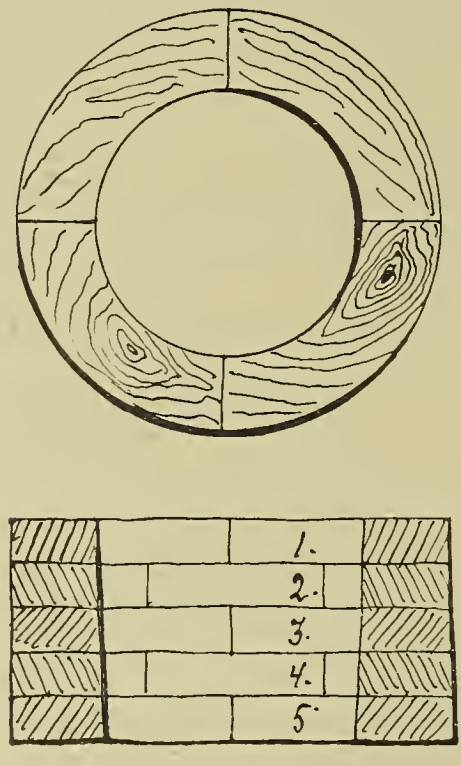
b) колокольная—90 ч. мѣди и 10 ч. олова.

c) зеркальная—(для выдѣлки оптическихъ зеркалъ) 70 ч. мѣди и 30 ч. олова.

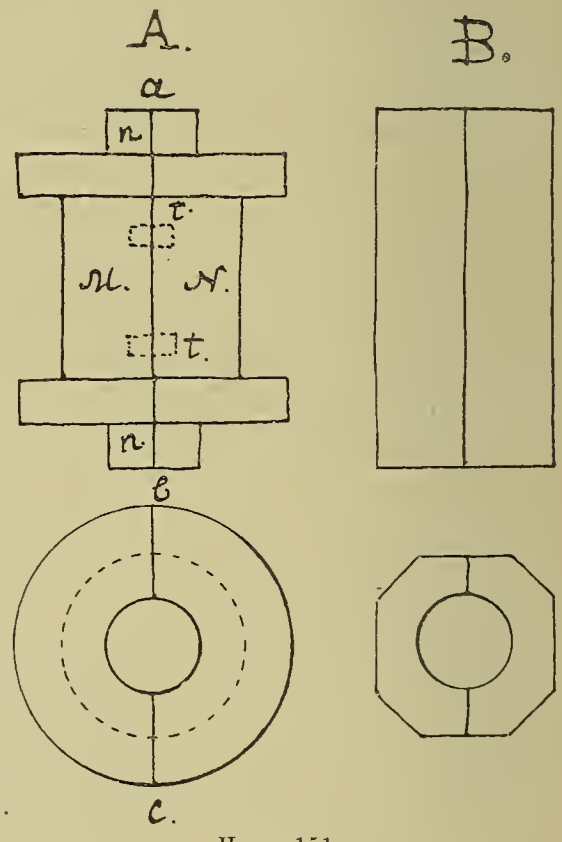
Формовочные матеріалы. Приготовленіе формъ чаще всего заключается въ томъ, что въ пескѣ или глинѣ выдѣлываютъ углубленіе, соотвѣтствующее формѣ даннаго предмета и заполняемое затѣмъ расплавленнымъ металломъ. Иногда же формы дѣлаютъ и металлическими. Матеріалы, примѣняемые для изготовленія формъ, называются *формовочными матеріалами.*

Хорошій формовочный матеріалъ долженъ легко воспринимать и неизмѣнно сохранять сообщенную ему форму; подъ вліяніемъ высокой температуры расплавленнаго металла не разлагаться и не плавиться и свободно пропускать газы, выдѣляемые металломъ при остываніи, т.-е. быть пластичнымъ, огнепостояннымъ и простымъ. Такимъ условіемъ въ большей или меньшей степени удовлетворяютъ такъ называемые формовочный песокъ и формовочная глина. Первый состоитъ изъ чистаго кварцеваго песка съ небольшой примѣсью глины, второй приготовляется изъ чистой, жирной глины съ примѣсью песку и органическихъ веществъ, какъ-то: коровьяго волоса, лошадинаго помета, рубленой соломы и проч., что необходимо для устраненія растрескиванія глины во время сушки формы и увеличенія ея пористости.

Припылъ. Для предупрежденія пригоранія матеріала формы къ поверхности отливки и для приданія послѣдней краснваго вида, примѣняютъ такъ называемый припылъ, которымъ покрываютъ влажныя поверхности формъ. Съ этой цѣлью, въ мѣшочекъ изъ рѣдкой ткани насыпаютъ мелко истолченнаго древеснаго угля, который, при встряхиваніи мѣшочка надъ формой, расплывается и осѣдаетъ на стѣнкахъ. Иногда для той же цѣли примѣняютъ графитъ или коксъ, въ смѣси съ сухой глиной.



Черт. 150.



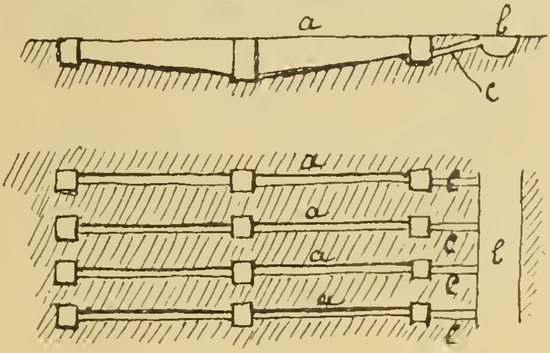
Черт. 151.

Стѣнки просушенныхъ формъ, на которыхъ припылъ держаться не можетъ, покрываютъ формовочными чернилами, приготовляемыми изъ припыла, размѣшаннаго въ водѣ, съ небольшимъ количествомъ глины.

Примѣняемыя для изготовленія формъ матеріалы—песокъ, глина, каменный и древесный уголь всегда требуютъ нѣкоторой предварительной подготовки, какъ, напримѣръ, измельченія, перемѣшиванія и проч.

Модели. Приспособленія, посредствомъ которыхъ въ формовочномъ матеріалѣ оттискиваютъ углубленія, или формы, называются моделями. Модели по формѣ обыкновенно дѣлаются тождественными съ отливаемыми предметами.

При пустотѣлыхъ отливкахъ модель по наружному виду нѣсколько отличается отъ вида отливки. Въ этихъ случаяхъ тѣ поверхности модели, на которыя выходятъ внутреннія пустоты, снабжаются выступами, назыв. *знаками*. Необходимую принадлежность такой модели составляетъ шишечный ящикъ, предназначенный для приготовленія сердечника, или шишки, посредствомъ которой въ отливкѣ воспроизводится пустота. Нерѣдко отливки имѣютъ такое очертаніе, что модели ихъ не могутъ быть вынуты изъ формы, безъ увлеченія за собой формовочнаго матеріала. Въ этихъ случаяхъ ихъ дѣлаютъ разборными изъ столькихъ частей, чтобы каждая изъ нихъ свободно вынималась изъ формы.

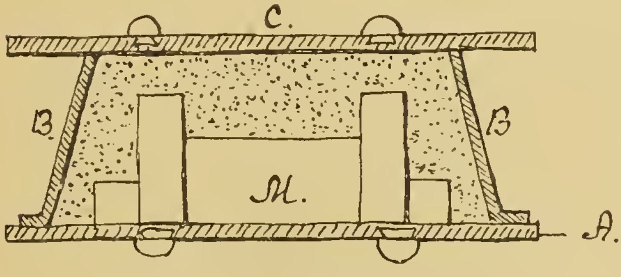


Черт. 152.

Для уясненія нѣкоторыхъ характерныхъ особенностей въ изготовленіи моделей, разсмотримъ примѣры:

На черт. 150 показано устройство деревянной модели для отливки кольца. Какъ видно изъ черт., кольцо склеено изъ пяти слоевъ: 1, 2, 3, 4 и 5. При чемъ каждый слой составленъ изъ отдѣльныхъ косяковъ, въ которыхъ волокна идутъ приблизительно по касательнымъ къ окружности кольца. Для облегченія выемки модели изъ формы, она сдѣлана слегка конической.

На черт. 151 показано устройство модели для отливки пустотѣлаго цилиндра съ фланцами; какъ видно изъ черт. *A*, модель состоитъ изъ двухъ половинокъ *M* и *N*, *abc* — плоскость разъема, *t*, *t* — шпильки, *n*, *n* — знаки. Рис. *B* изображаетъ шишечный ящикъ для формовки сердечника. Внутренніе размѣры ящика соотвѣтствуютъ размѣрамъ пустоты цилиндра и знаковъ модели.



Черт. 153.

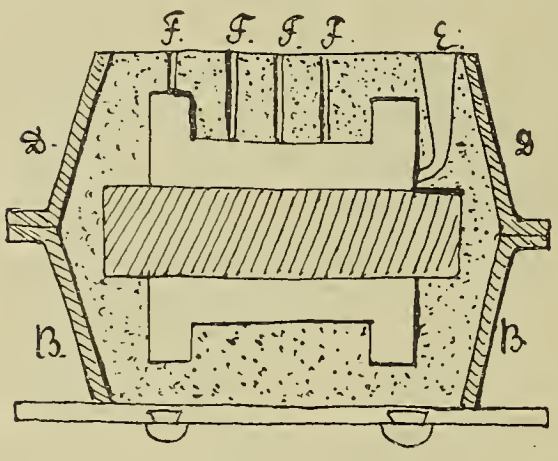
Формовка. Изготовленіе формъ или формовка производится въ особыхъ ящикахъ, называемыхъ опоками, а при отливкѣ несложныхъ по формѣ предметовъ прямо въ почвѣ.

Почвенная формовка. На черт. 152 показанъ способъ почвенной формовки колосниковъ: модель колосника вбивается въ почву до верхней поверхности. Расплавленный чугунъ изъ ковша посту-

паетъ въ общій каналъ *b*, а оттуда литниками *c*, *c*, *c*... въ формы *a*, *a*, *a*...

Формовка въ опокахъ. Опоки изготовляются чаще чугунными и напоминаютъ собой ящики безъ дна. Для удержанія формовочной массы на внутреннихъ стѣнкахъ опокъ обыкновенно имѣются ребра. Иногда въ видахъ дешевизны примѣняютъ и деревянныя опоки.

Для уясненія способа формовки въ опокахъ разсмотримъ приготовленіе формы для отливки пустотѣлаго цилиндра, модель котораго представлена на черт. 151. На подмодельную доску *A*, черт. 153, кладется плоскостью разъема нижняя половина модели *M* и окружается опокой *B*. Припудривъ модель сухимъ мелкимъ пескомъ, насыпаютъ въ опоку сѣяной формовочной земли и хорошо утрамбовываютъ. Прикрывъ опоку второй доской *C*, поворачиваютъ неформованную опоку на 180° и ставятъ на подмодельной доскѣ *C*, какъ изображено на черт. 154. На заформовочную половину модели накладываютъ затѣмъ шпеньками верхнюю ея половину и опоку *D*, которую набиваютъ формовочной землей подобно сказанному. Въ эту же опоку, для образованія литниковскаго канала, вставляютъ деревянный стержень *E*, называемый баклушкой. Кромѣ того, всю верхнюю форму прокладываютъ шиломъ, чтобы образовать отдушины *F*, *F*, *F*... для выхода газовъ и паровъ.



Черт. 154.

Когда формовка окончена, снимаютъ верхнюю опоку съ нижней, вытаскиваютъ полумодели и покрываютъ поверхность формы припыломъ. Затѣмъ вставляютъ заготовленный въ шишечномъ ящикѣ сердечникъ и накладываютъ верхнюю опоку на нижнюю, послѣ чего форма принимаетъ видъ, изображенный на черт. 154. Для приданія формамъ большей устойчивости, ихъ обыкновенно просушиваютъ въ особыхъ камерахъ, называемыхъ сушилами.

Плавка металловъ. Полученіе литыхъ издѣлій изъ стали чаще всего происходитъ одновременно съ выдѣлкой самаго металла. (Смотрѣть — сталь). Что же касается чугуна, то непосредственная отливка изъ домны (печь для выплавки чугуна изъ рудъ) въ настоящее время примѣняется весьма рѣдко, а потому въ литей-

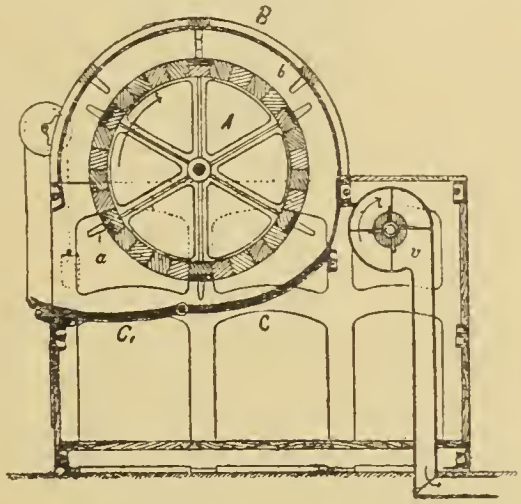
номъ дѣлѣ плавятъ чугунъ вторично, отчего онъ дѣлается болѣе однороднымъ, что улучшаетъ качество отливокъ. Переплавка чугуна производится въ вагранкахъ, пламенныхъ печахъ и тигельныхъ горнахъ.

Литература: *А. Ледебуръ*. Чугуно- и сталелитейное дѣло. Спб., 1902 г. Библіотека промышленныхъ знаній. Подъ ред. Д. Менделѣева. Т. VI. ч. 6. Спб., 1901 г. «Отливка издѣлій изъ чугуна, стали, бронзы и проч.» *Тиме, И.* «Литейное производство». Отд. VI. «Основы машиностроенія». 1885 г. *В. Кнлббе*. Чугуно-литейное дѣло. Спб., 1902 г.

3. Пряденіе и тканество.

1. Пряденіе.

Съ древнѣйшихъ временъ человѣкъ начинаетъ употреблять одежду. Въ природѣ, кромѣ шкуръ животныхъ и листьевъ нѣкоторыхъ породъ деревьевъ, онъ не могъ найти готовой ткани. Поэтому человѣкъ начинаетъ приготовлять ткани самъ, переплетая нити. Но такъ какъ въ природѣ сплошной нити, за исключеніемъ шелковой, не встрѣчается, то человѣкъ изготовляетъ ее изъ отдѣльныхъ волоконъ, соединяемыхъ *пряденіемъ* въ одну сплошную нить, или *пряжу*. Этотъ принципъ изготовленія ткани и пряжи, выработанный первобытнымъ человѣкомъ, остался до сихъ поръ.



Черт. 155.

Волокна для пряденія употребляются растительнаго и животнаго происхожденія.

Къ первымъ относятся: хлопокъ, ленъ, конопля, джутъ, крапива, сосновая хвоя (сосновая шерсть), ко вторымъ — шерсть: овечья, верблюжья, козій пухъ и шелкъ.

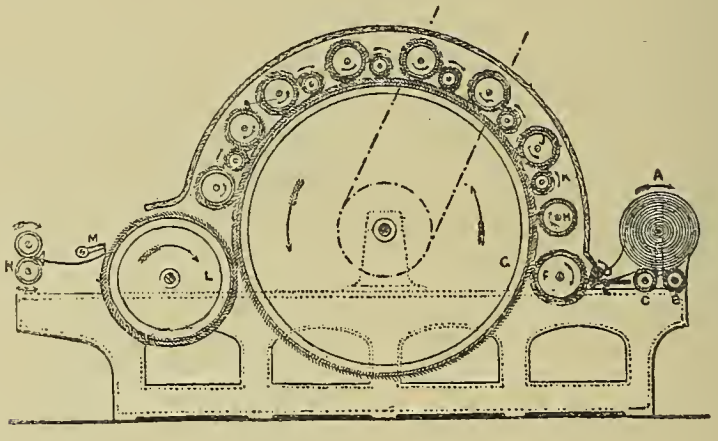
Всѣ эти матеріалы подвергаются различнымъ операціямъ, назначеніе которыхъ состоитъ въ томъ, чтобы: 1) очистить волокна отъ постороннихъ примѣсей (*трепанье*); 2) разъединить на отдѣльныя волокна (*кардованіе* и *чесаніе*); 3) распрямить ихъ (*вытягиваніе*); 4) соединить въ одну нить и укрѣпить ее (*скручиваніе*) и 5) сдѣлать ее равномѣрной по всей длинѣ (*сдваиваніе*).

Въ такомъ порядкѣ обыкновенно и производятся эти операціи на фабрикѣ.

Бумагопряденіе, оперирующее съ хлопкомъ или хлопчатой бумагой, занимаетъ первое мѣсто въ текстильной промышленности.

Съ незапамятныхъ временъ извѣстно ручное веретено; прошли два тысячелѣтія со времени появленія *прялки.* И въ ней, и въ *самопрялкѣ* веретено вращается отъ привода, но вытягиваніе нити все еще производится вручную. Усовершенствованной самопрялкой является *ватеръ-машина,* снабженная аппаратомъ для вытягиванія нити.

Хлопокъ представляетъ собою волокна, растущія на сѣменахъ растенія, называемаго хлопчатникомъ. Въ промышленности хлопокъ раздѣляется на американскій, египетскій и азіатскій.



Черт. 156.

Послѣ сбора хлопокъ отдѣляется отъ сѣмянъ на особыхъ машинахъ, называемыхъ *джинами,* спрессовывается въ кипы и отправляется на прядильныя фабрики.

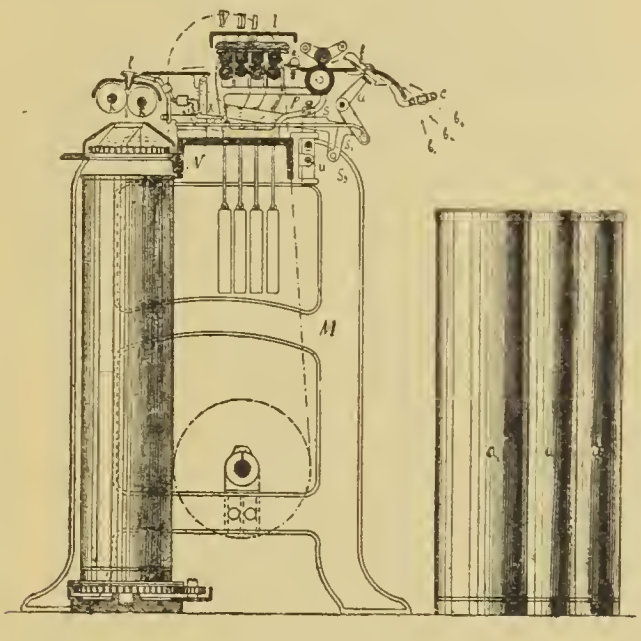
На фабрикѣ хлопокъ *сортируется* для выясненія его качествъ и *смѣшивается* для достиженія однородности.

Послѣ смѣшиванія хлопокъ передается на *трепальныя* машины *(волчки)* (черт. 155) для разбиванія крупныхъ комковъ на болѣе мелкіе и для очищенія отъ наиболѣе крупнаго и тяжелаго сора.

Это достигается тѣмъ, что хлопокъ подвергается дѣйствію зубьевъ, насаженныхъ на поверхности барабана *A.* Изъ этой машины хлопокъ подается на вторую трепальную машину, откуда выходитъ въ видѣ слоя равномѣрной толщины (*холстъ*). Небольшіе комки хлопка, составляющіе холстъ, раздѣляютъ въ дальнѣйшемъ на отдѣльныя волокна пропусканіемъ холста черезъ *кардную* машину (черт. 156), въ которой хлопокъ проходитъ между

двумя поверхностями, снабженными иглами, противоположно направленными.

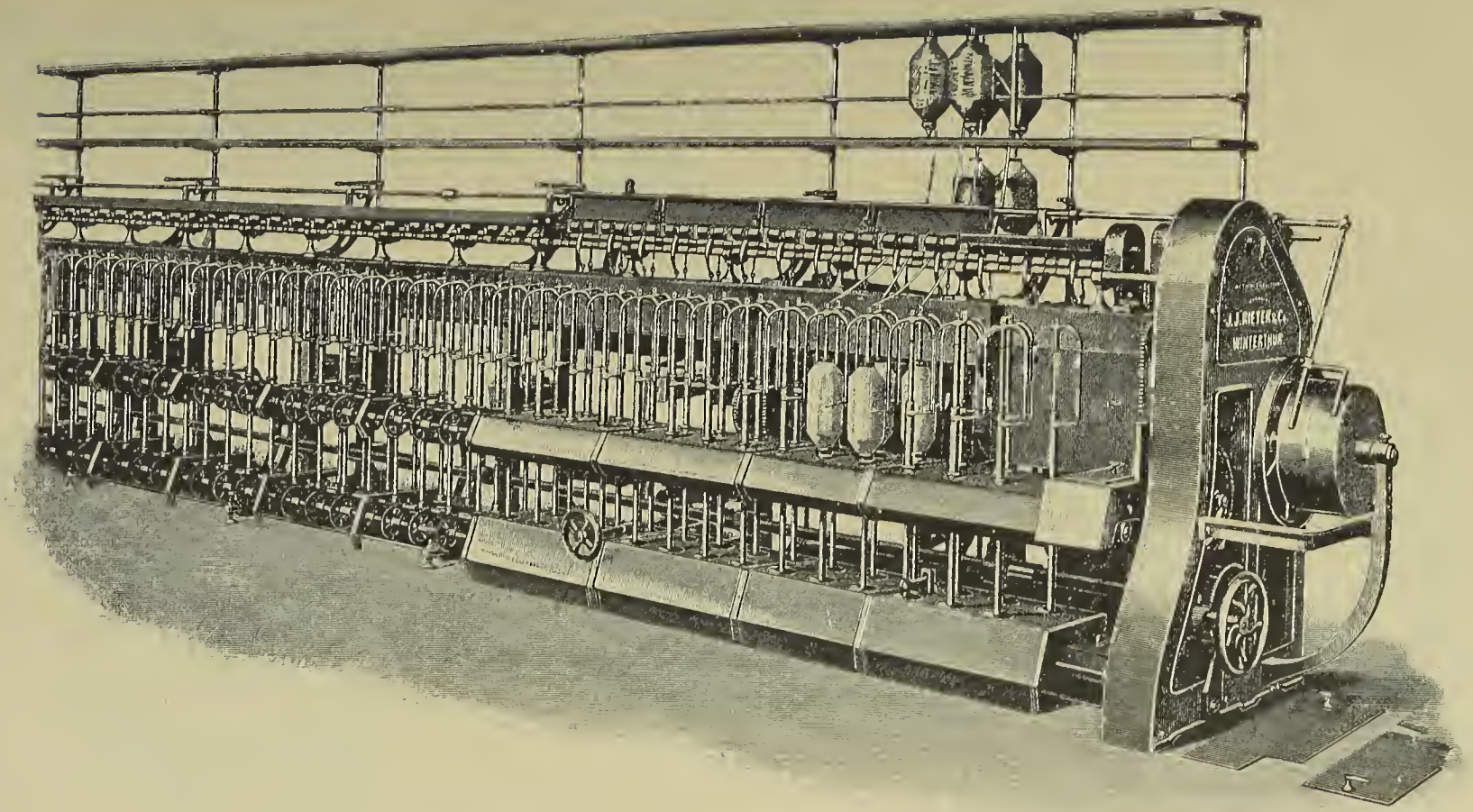
При выходѣ изъ машины хлопокъ собирается въ *ленту* круглаго сѣченія, которая представляетъ грубое подобіе нити, рыхла и сравнительно большого діаметра. Необходимо сдѣлать ее плотнѣе, а главное вытянуть волокна и расположить ихъ параллельно другъ другу. Для этого ленты пропускаются черезъ *вытягивающій* аппаратъ, сущность устройства котораго состоитъ въ томъ, что рядомъ поставлены 2 пары валиковъ, при чемъ пара *A* вращается быстрѣе *B*. Благодаря этому конецъ волокна, захваченный валиками *A*, начинаетъ двигаться впередъ, въ то



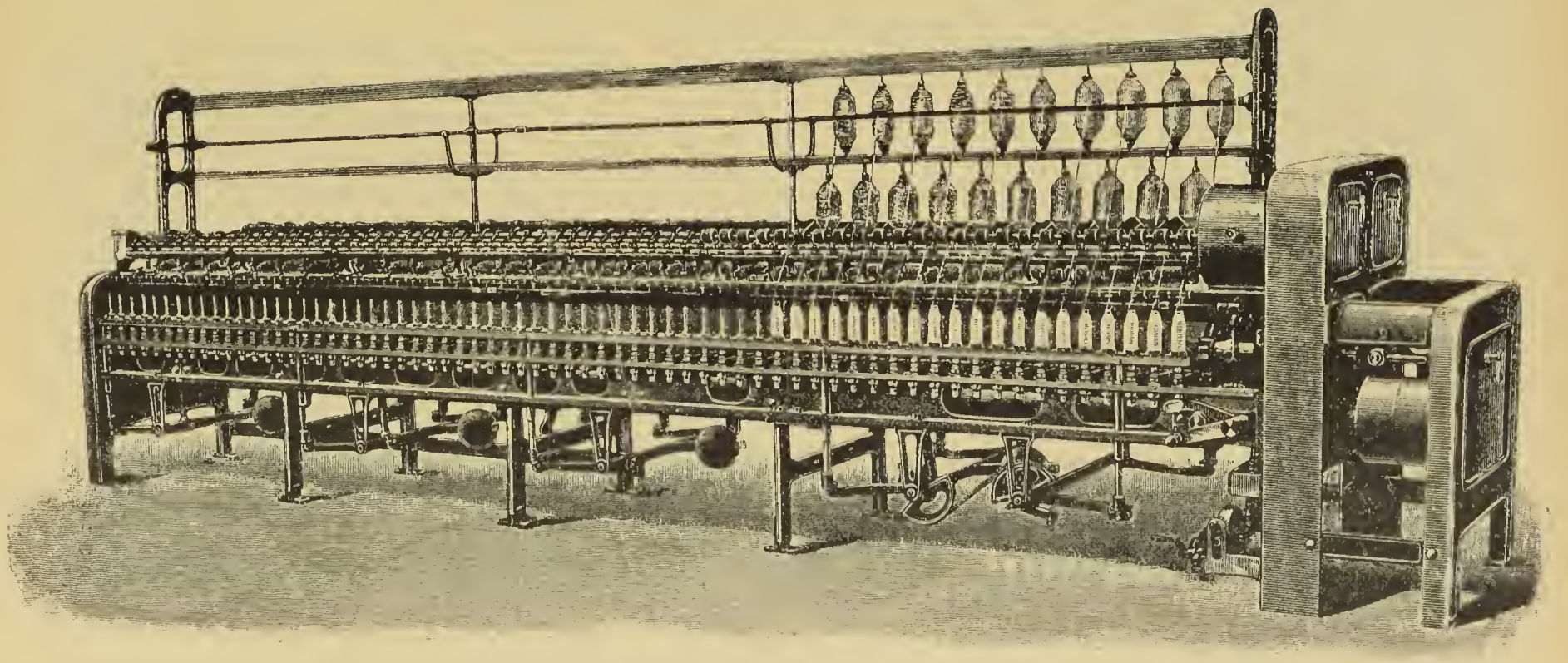
Черт. 157.

время какъ другой конецъ задерживается валикомъ *B*. Волокно растягивается и распрямляется. Лента по выходѣ съ кардъ-машины идетъ на *ленточную* машину (черт. 157), на которой поставлены для достиженія лучшихъ результатовъ 4 пары вытягивающихъ валиковъ.

Для полученія же болѣе плотной и однородной ленты, черезъ машину одновременно пропускается нѣсколько такихъ лентъ, соединяющихся въ одну (*сдваиваніе*). Дальнѣйшее утоненіе ленты и превращеніе ея въ нить достигается скручиваніемъ и постепеннымъ вытягиваніемъ сначала на такъ называемыхъ *предпрядильныхъ* машинахъ (банкоброшахъ) (черт. 158), а затѣмъ на *прядильныхъ* ватерахъ (черт. 159) или на сельфакторахъ (мюль-машинахъ) (черт. 160).



Черт. 158. Банкоброшъ.



Черт. 159. Ватеръ-машина.

Въ банкоброшахъ и ватерахъ нить идетъ сначала въ вытягивающій аппаратъ изъ 3 паръ валиковъ, а затѣмъ на быстровращающемся веретенѣ она скручивается (получаемъ *крутку*).

Въ сельфакторахъ (черт. 160) веретена, числомъ до 1.000, помѣщаются въ подвижной *кареткѣ;* при движеніи каретки впередъ вырабатывается нить, при обратномъ ходѣ она наматывается на веретено. Пряжа получается въ формѣ такъ называемыхъ *початковъ* или *шпуль:* на ватерахъ она наматывается на катушки и, какъ болѣе крѣпкая, чѣмъ пряжа мюльная, идетъ при изготовленіи ткани въ *основу;* на сельфакторахъ же наматываніе производится прямо на голое веретено, и пряжа предназначается для *утка*. Мюльная пряжа въ початкахъ отправляется на ткацкую фабрику, ватерная же передъ отправленіемъ обычно разматывается въ *мотки.*

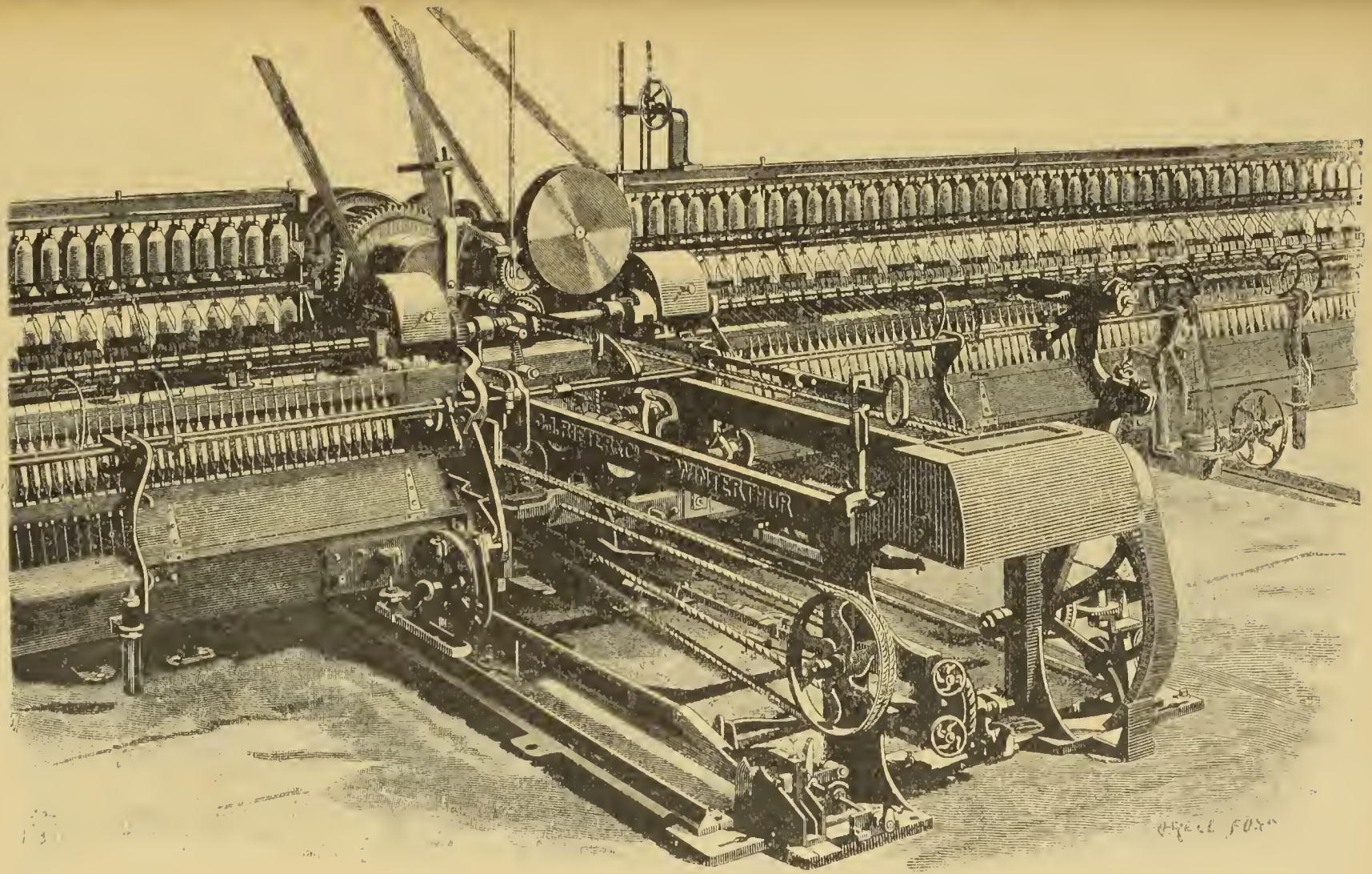
Если отъ нитки требуется особая прочность, напр., при шитьѣ, связываніи и т. п., то на крутильныхъ ватерахъ скручиваютъ вмѣстѣ 2, 3 и болѣе нитей въ одну.

Шерстопряденіе. Въ мануфактурной промышленности изъ шерстей различныхъ животныхъ наибольшимъ распространеніемъ пользуется овечья шерсть, раздѣляющаяся на благородную, которая состоитъ изъ одного пуха, и неблагородную, состоящую изъ однихъ прямыхъ волосъ.

Первую доставляютъ *мериносовыя* породы, испанскія и нѣмецкія, вторую — длинношерстныя англійскія и цыгайскія (въ Бессарабіи, Венгріи). Техническія свойства шерсти зависятъ отъ длины, тонины, извитости, способности сбиваться въ войлокъ (*сваливаться*) подъ вліяніемъ влажнаго тепла и ударовъ. Этими свойствами шерстяныхъ волоконъ опредѣляются 2 способа обработки шерсти. Первый для изготовленія суконъ и вообще валяльныхъ матерій — носитъ названіе *суконнаго* или *карднаго* способа. Шерсть обрабатывается безъ примѣненія вытягиванія, сообщающаго волокнамъ прямизну, и пряжа получается мохнатой и рыхлой.

Второй способъ носитъ названіе *гребенного* для изготовленія *гребенной* (*камвольной*) пряжи, которая употребляется при изготовленіи гладкихъ и легкихъ шерстяныхъ матерій. Въ этомъ случаѣ шерсть подвергается многократному вытягиванію и сдваиванію.

Въ видѣ руна шерсть поступаетъ на фабрику и здѣсь прежде всего подвергается *сортировкѣ,* а затѣмъ *мойкѣ* для удаленія грязи, пота и жира. Мокрая шерсть сушится и идетъ въ *смѣску* или смѣшиваніе для достиженія однородности. Шерсть эта все-



Черт. 160. Сельфакторъ

таки содержитъ пыль, соръ, репьи и т. п. Для удаленія ихъ она поступаетъ на трепальныя машины.

А. Суконная шерсть.

Шерсть, выходящая изъ трепальныхъ машинъ, имѣетъ видъ комковъ, которые должны быть раздѣлены на отдѣльныя волокна. Это достигается послѣдовательнымъ пропусканіемъ шерсти черезъ 3 *кардныхъ* машины, откуда шерсть выходитъ въ видѣ нѣсколькихъ узенькихъ лентъ (ровница).

Послѣднюю нужно уплотнить и сдѣлать крѣпче. Но такъ какъ для суконной шерсти важно использовать свойство шерстяныхъ волоконъ—сваливаться и получить рыхлую и мохнатую пряжу, то ровница не подвергается вытягиванію, а идетъ прямо на тонкопрядильныя машины, гдѣ только скручивается. Машины эти—ватеръ и сельфакторъ или мюль-*женни* (отличающійся отъ бумагопрядильнаго отсутствіемъ вытягивающаго аппарата).

В. Гребенная шерсть.

Лента, полученная съ кадръ-машины, идетъ на ленточную (см. бумагопряденіе), которую проходитъ 2—3 раза. Но эта лента содержитъ много пыли, сора и короткихъ волоконъ, которыя необходимо удалить, что достигается пропусканіемъ черезъ такъ называемую *гребнечесальную* машину (черт. 161).

Шерсть проходитъ между двумя рѣшетками B, при чемъ въ отверстія верхней вставлена доска съ иглами A; доска P прижимаетъ ленту къ доскѣ R, и нижній конецъ ленты расчесывается игольчатой поверхностью K барабана C; затѣмъ расчесанный конецъ ленты зажимается между гладкой частью S барабана и валикомъ O, а гребнемъ D расчесывается другой конецъ ленты.

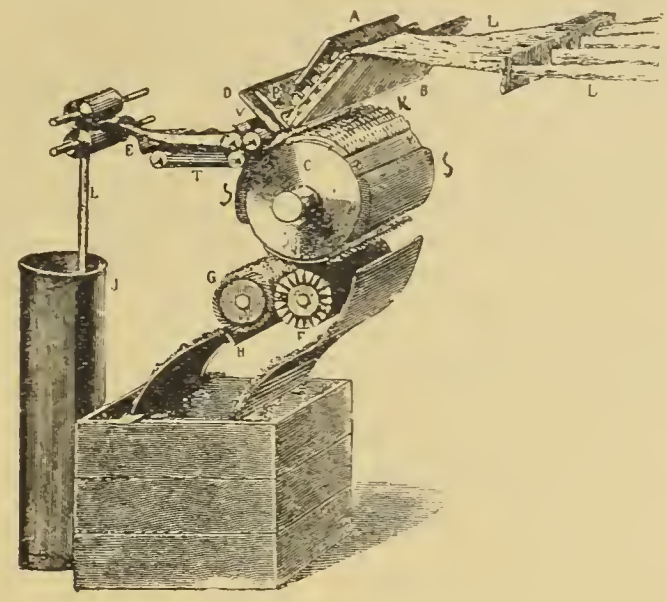
Прочесанная лента обладаетъ меньшей равномѣрностью и для устраненія этого недостатка подвергается многократному сдваиванію и чесанію, и, наконецъ, идетъ на банкоброши и ватера или сельфакторы.

Ленъ, пенька, джутъ, крапива, принадлежатъ къ числу растеній, дающихъ такъ называемыя *лубовыя* волокна. По количеству производимаго льна на первомъ мѣстѣ стоитъ Россія.

Послѣ сборки и высушиванія на полѣ ленъ подвергается различнымъ операціямъ, цѣль которыхъ — выдѣлить волокна.

Стебель льна пропитанъ растительнымъ клеемъ, который связываетъ волокна и древесину стебля. Для удаленія клея вызываютъ въ стеблѣ броженіе, подвергая ленъ *мочкѣ:* или *росовой* — ленъ разстилается на луговинахъ и подвергается дѣйствію дождя и солнца (ленъ — *стланецъ*), или *водяной* — ленъ въ пучкахъ загружается въ воду (ленъ — *моченецъ*).

Послѣ этихъ операцій ленъ сушится. Въ результатѣ связь между волокнами и древесиной разрушена. Послѣднюю необходимо удалить. Для этого ломаютъ стебли на льномяльныхъ ма-



Черт. 161.

шинахъ (*мятье*). Въ Россіи очень распространена ручная льномялка (черт. 162).

Окончательное удаленіе частицъ древесины (*кострика*) производится *трепаніемъ* льна.

Черт. 162.

Полученныя волокна идутъ на фабрику, гдѣ прежде всего подвергаются *сортировкѣ* и *чесанію*, которое имѣетъ цѣлью вы-

прямить волокна, расщепить ихъ на болѣе тонкія и окончательно удалить мелкія сорныя частички и короткія волокна. Въ результатѣ *чесаный ленъ* и *очесокъ*, обработка которыхъ производится отдѣльно.

А. Чесаный ленъ. Волокна его должны быть соединены въ непрерывную ленту, которая выравнивается по толщинѣ. Это достигается пропусканіемъ черезъ 2—3 ленточныхъ машины. Полученная лента утончается вытягиваніемъ и укрѣпляется скручиваніемъ сначала на банкоброшахъ, а затѣмъ на ватерѣ.

Б. Очесокъ. Онъ представляетъ комки спутанныхъ волоконъ, которыя нужно расчесать. Это достигается на кардъ-машинѣ (см. бумагопряденіе), откуда уже выходитъ лента. Дальнѣйшая обработка идетъ аналогично чесаному льну.

Пенька получается изъ стеблей конопли, идетъ на приготовленіе грубыхъ тканей и канатовъ.

Джутъ, или калькутская пенька, идетъ на изготовленіе мѣшковъ и мебельныхъ тканей. Обработка пеньки и джута одинакова съ обработкой льна.

Шелкъ. Шелкъ есть выдѣленіе гусеницъ *тутоваго шелкопряда* при превращеніи ихъ въ куколку. Эти выдѣленія затвердѣваютъ въ видѣ непрерывной нити, которую гусеница обертываетъ вокругъ самой себя, образуя оболочку, называемую *кокономъ*.

Шелковая нить получается двоякимъ путемъ: 1) или размоткой этихъ коконовъ, послѣ чего получается непрерывная нить, носящая названіе *шелка-сырца* или *грежа*, или, 2) расщипываніемъ коконовъ на отдѣльныя волокна, которыя пряденіемъ превращаются въ нить.

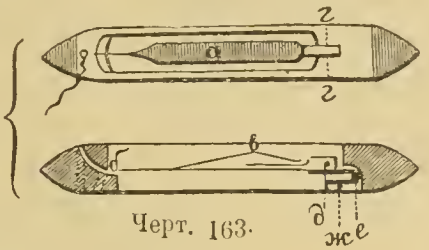
Лицъ, желающихъ подробно ознакомиться съ матеріалами и техникой пряденія, отсылаемъ къ слѣдующимъ книгамъ: проф. *Ганешинъ*, «Технологія волокнистыхъ веществъ», СПБ., 1908 г. *Дмитріевъ*, «Бумагопряденіе», I ч., 1876 г. *Ѳедоровъ*, «Лекціи по бумагопряденію». *Угаровъ*, «Пряденіе льна». *Тихомировъ*, «Технологія шерстяного производства».

2. Ткачество.

Пряжа, вышедшая съ прядильной фабрики, идетъ на ткацкую, гдѣ подвергается переплетенію, образуя *ткань*.

Нити, идущія вдоль ткани, носятъ названіе *основы*, идущія поперекъ — *утка*. Переплетеніе производится на, такъ называемыхъ, ткацкихъ станкахъ, при чемъ основныя нити располагаются въ рядъ по ширинѣ ткани, уточныя же продергиваются между ними при помощи *челнока* (черт. 163).

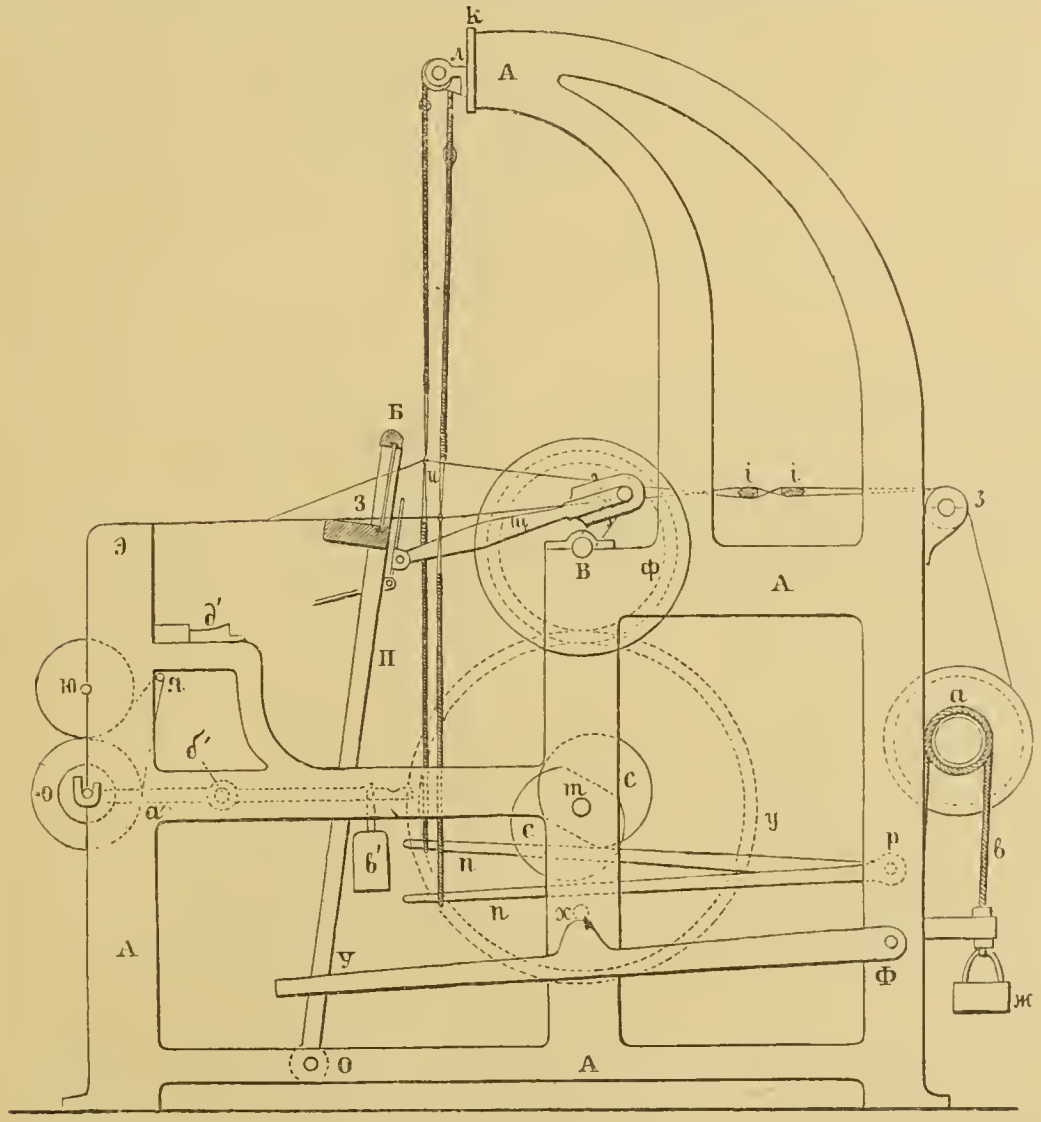
Початокъ насаживается на шпиндель *a*, конецъ нити пропускается черезъ каналъ *b* и, при проходѣ челнока, сматывается съ початка. Для того, чтобы можно было натянуть основу, необходимо, чтобы нити были намотаны на валъ соотвѣтственной ширины.



Черт. 163.

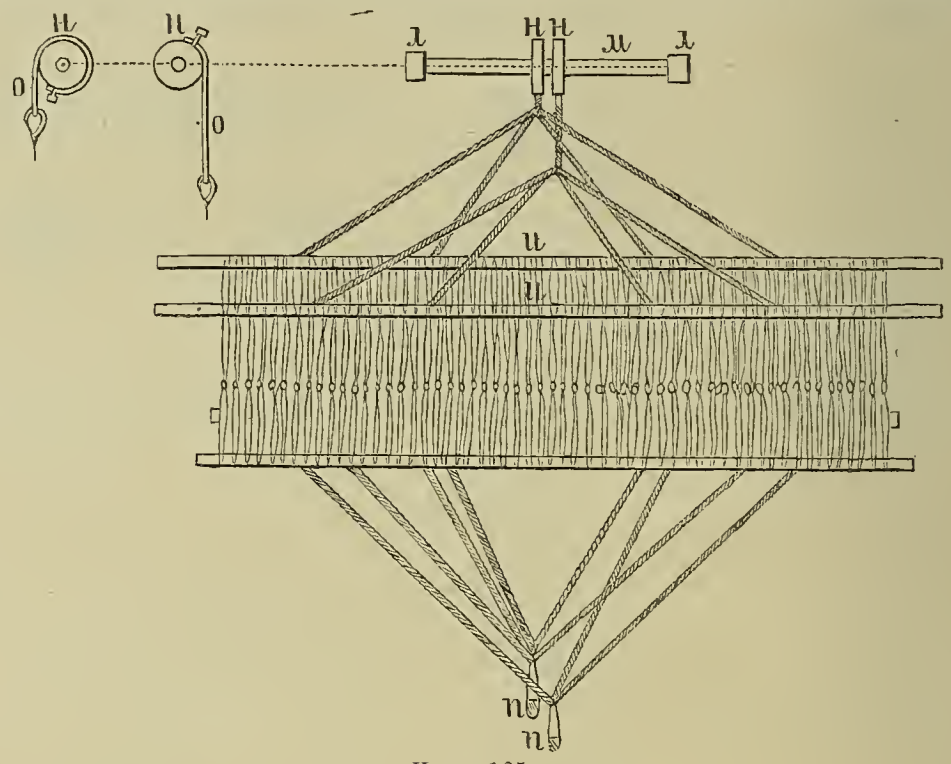
Съ этой цѣлью пряжка подвергается перематыванію, сначала на катушки средней величины, на, такъ называемыхъ, *перегонныхъ мотальныхъ* машинахъ, а затѣмъ на *сновальныхъ* машинахъ на деревянный валикъ (*навой*).

Въ виду того, что нити при тканьѣ сильно трутся и мшатся, ихъ пропускаютъ черезъ сосудъ съ *шлихтою*, представляющей



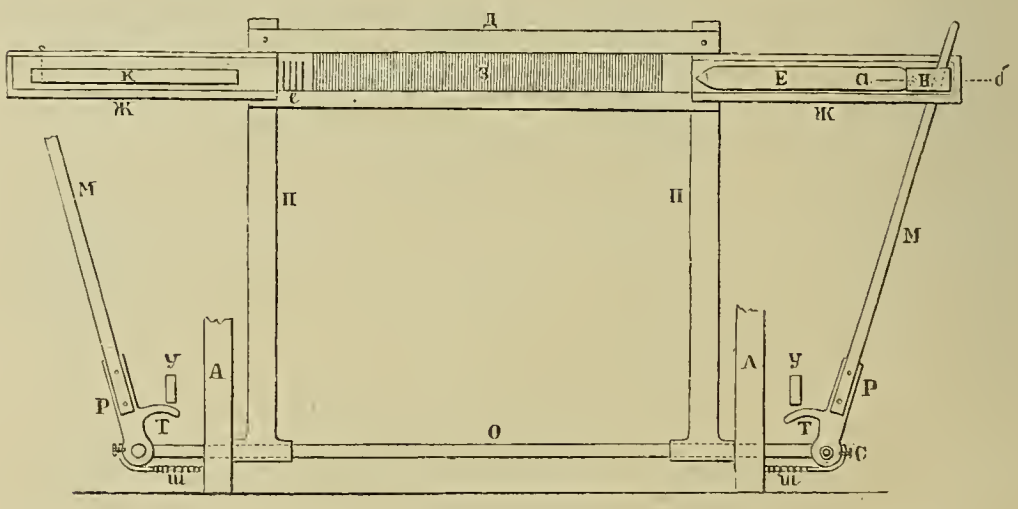
Черт. 164.

заваренный въ водѣ крахмалъ съ нѣкоторыми примѣсями (*шлихтовка*). При этомъ нити, впитывая клей, пріобрѣтаютъ бо́льшую



Черт. 165.

прочность и становятся болѣе гладкими. Навой съ прошлихтованной основой ставится въ ткацкій станокъ (черт. 164).



Черт. 166.

Операція тканья состоитъ въ томъ, что часть нитокъ основы, черезъ одну или нѣсколько, поднимается вверхъ, въ то время какъ другая часть остается въ прежнемъ положеніи. При этомъ

образуется пространство, называемое *зѣвъ*, въ которомъ пролетаетъ челнокъ съ уточной нитью. Затѣмъ эти нити опускаются, и подымается другая часть основы, а челнокъ проходитъ обратно. Для того, чтобы поднимать то одну. то другую часть нитей, употребляется, такъ называемый, *ремизный приборъ* (черт. 165).

Онъ состоитъ изъ четырехъ планокъ *ии*, между которыми протянуты *ремизныя* нити съ петельками посрединѣ (черт. 165), называемыми *глазкàми*. Черезъ эти петельки пропускается (*пробирается*) нить основы. Для того, чтобы утòчная нить плотно присоединялась къ предыдущимъ, основа пропускается между зубьями такъ называемаго *бердà З*, качающагося взадъ и впередъ и *прибивающаго* утóчную нить къ предыдущимъ послѣ каждаго прохода челнока. Бердó помѣщается въ *батанѣ II* (черт. 166), по бокамъ котораго помѣщаются *челнóчныя* коробки *Е*, изъ которыхъ выскакиваетъ челнокъ.

Работа ткацкаго станка идетъ слѣдующимъ образомъ. Нити съ *задняго навоя* огибаютъ (черт. 164) скалку *с*, двѣ планки (*цѣны*) *ii*, затѣмъ проходятъ черезъ глазки ремизокъ, зубья берда и наматываются на *передній навой* уже въ видѣ *ткани*.

Литература: *Гамофскій*, «Механическое ткачество хлопчатобумажныхъ тканей». *Іоксимовичъ Ч.*, «Ткачество». *Трусовъ*, «Справочная книжка по ткачеству хлопчатобумажныхъ тканей».

3. Мукомольное производство.

Мукомольное производство имѣетъ цѣлью выработку муки изъ зеренъ хлѣбныхъ злаковъ. Процессъ этого производства называется *помоломъ* (или размоломъ) зерна; онъ заключается въ размельченіи зеренъ или же размельченіи и послѣдующемъ раздѣленіи получаемаго при этомъ продукта на сорта, состоящіе изъ частицъ, до извѣстной степени одинаковыхъ по качеству и размѣрамъ. Отсюда слѣдуетъ, что мукомольное производство относится къ числу производствъ механическихъ, измѣняющихъ только внѣшній видъ обрабатываемаго матеріала и группировку отдѣльныхъ частицъ его, но не измѣняющихъ ихъ химическаго состава.

Устройства, приспособленныя для выполненія указаннаго процесса, называются *мукомольными мельницами*, или, проще, мельницами. По роду двигателя, приводящаго въ движеніе находящіеся въ мельницахъ механизмы, ихъ называютъ вѣтряными, водяными, газогенераторными, паровыми и т. п. Въ зависимости отъ характера выполняемаго ими помола имъ даютъ названія: *раструсная*, *съянка*, *крупчатка*.

Помолы бываютъ весьма различны, что зависитъ отъ тѣхъ требованій, какія предъявляются къ готовымъ продуктамъ — мукѣ и отрубямъ. Наиболѣе типичными являются помолы: *простой* (низшій), *сѣяный* и *крупчатный* (повторительный).

Задача простого помола заключается *исключительно въ размельченіи зерна;* изъ различныхъ видовъ простого помола укажемъ на помолы *крестьянскій* (разовой) и *интендантскій.* Отъ перваго требуется только достаточное размельченіе ядра зерна и его оболочки, тогда какъ при интендантскомъ помолѣ размельченіе должно быть таково, чтобы получаемый размельченный продуктъ, весь безъ остатка, просѣвался черезъ сито съ отверстіями опредѣленныхъ размѣровъ.

Для выполненія крестьянскаго помола нужны только размельчающія машины, а для интендантскаго, кромѣ нихъ, и аппараты просѣвные. Въ послѣднемъ случаѣ размельченное зерно поступаетъ на сита; частицы требуемыхъ размѣровъ проваливаются (проходъ), а не прошедшіе черезъ отверстія ситъ (сходъ) поступаютъ на повторное размельченіе.

При сѣяномъ помолѣ преслѣдуется цѣль выработки муки, до извѣстной степени, не содержащей оболочекъ зерна (отрубей). Выполненіе его основано на томъ, что оболочка зерна удѣльно легче и эластичнѣе, чѣмъ его мучнистое ядро; при размельченіи она получается въ видѣ пластинокъ, тогда какъ ядро распадается на крупинки многогранной формы; средній размѣръ крупинокъ всегда меньше средняго размѣра частицъ оболочки.

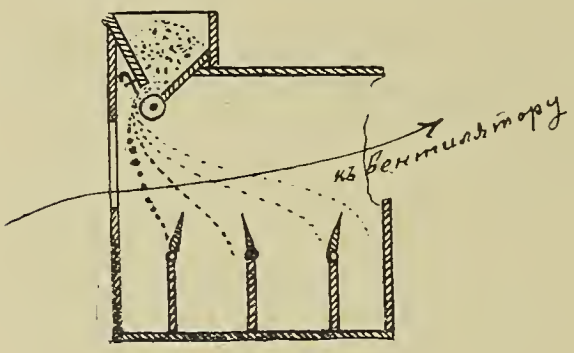
По мѣрѣ просѣванія количество мучнистыхъ частицъ въ слоѣ продукта, движущемся по ситу, уменьшается, тогда какъ содержаніе оболочекъ повышается. Поэтому въ началѣ сита (головѣ) просѣивается мука болѣе чистая, а чѣмъ дальше къ концу, тѣмъ болѣе засоренная мелкими кусочками оболочки. Тому же способствуетъ и постепенное уменьшеніе толщины слоя, благодаря которому оболочкамъ облегчается доступъ къ ситу. Отбирая муку изъ различныхъ мѣстъ по длинѣ сита, получаютъ нѣсколько сортовъ ея (2—3), различающихся содержаніемъ оболочекъ.

Для повышенія качества сѣяной муки помолъ ведутъ слѣдующимъ образомъ: зерно раздробляютъ только отчасти, все же стараясь получить возможно больше муки; полученную смѣсь частицъ, весьма различной крупноты, посредствомъ ситъ разсортировываютъ по ихъ величинѣ, и получаютъ рядъ продуктовъ, изъ которыхъ готовымъ является мука, а *промежуточными* (т.-е. нуждающимися въ дальнѣйшей обработкѣ), *мѣсятка, или дунстъ* (частицы, крупнѣе мучныхъ), *крупка* (крупнѣе мѣсятки) и крупный остатокъ. Крупный остатокъ поступаетъ на повторное раз-

мельченіе: полученная смѣсь частицъ по раздѣленіи на ситахъ снова даетъ муку и рядъ промежуточныхъ продуктовъ и т. д. Размельченіе повторяется отъ 2 до 4 разъ, пока крупный остатокъ не будетъ состоять почти исключительно изъ оболочекъ зерна и можетъ быть признанъ за отруби. Такъ какъ съ каждымъ послѣдующимъ размельченіемъ *(пропускомъ)* содержаніе мучнистыхъ частицъ въ крупномъ остаткѣ понижается, а оболочекъ повышается, то каждый послѣдующій пропускъ даетъ муку и промежуточные продукты худшаго качества, т.-е. съ бо́льшимъ содержаніемъ оболочекъ. Очевидно, что для выполненія этого помола нужны какъ размельчающія машины, такъ и просѣвные аппараты; назначеніе послѣднихъ въ этомъ случаѣ иное, чѣмъ при интендантскомъ помолѣ: тамъ посредствомъ ситъ достигается опредѣленный размѣръ частицъ, составляющихъ муку, здѣсь — ея чистота.

Наиболѣе высокія требованія, предъявляемыя къ качеству муки, поскольку они зависятъ отъ помола, можно формулировать такъ: мука должна быть почти вполнѣ свободна отъ примѣси оболочекъ и состоять изъ частицъ ядра, по возможности, одинаковаго размѣра; въ ней не должно заключаться мучной пыли и частицъ зародыша зерна. Такую муку возможно выработать только примѣняя крупчатный помолъ. Въ сущности, онъ представляетъ собою дальнѣйшее развитіе помола сѣянаго, такъ какъ основанъ на томъ же различіи свойствъ оболочки зерна и его ядра. Въ сѣяномъ помолѣ получается, между прочимъ, мѣсятка и крупка; оба эти продукта состоятъ, главнымъ образомъ, изъ частицъ четырехъ видовъ: частицъ ядра, совершенно лишенныхъ оболочки; частицъ ядра, имѣющихъ одинъ бочокъ покрытый ею; болѣе плоскихъ кусочковъ оболочки съ незначительнымъ количествомъ соединеннаго съ ними мучнистаго вещества и, наконецъ, частицъ въ формѣ пластинокъ, почти лишенныхъ его. Если выдѣлить изъ этой смѣси каждый изъ указанныхъ сортовъ частицъ и размолоть отдѣльно, то каждый изъ нихъ дастъ муку съ различнымъ содержаніемъ оболочекъ, при чемъ мука отъ размола частицъ перваго сорта будетъ лишена ихъ совсѣмъ. Такое сортированіе частицъ по добротности, называемое очисткой крупокъ и мѣсятокъ, при современномъ состояніи мукомольной техники, выполнимо только въ томъ случаѣ, если сортируемыя частицы не особенно мелки. Помолъ, при которомъ стремятся получить возможно больше крупки, подходящей для очистки, и эту крупку очищаютъ, называется помоломъ *крупчатнымъ*. Онъ распадается на три главныхъ процесса: *дранной*, *очистку крупокъ* и *мѣсятокъ* и *размольный*. Въ первомъ зерно размельчаютъ, стараясь полу-

чить возможно больше крупокъ и меньше муки; во второмъ очищаютъ крупку и мѣсятку, и въ третьемъ размалываютъ въ муку какъ очищенные продукты, такъ и тѣ, которые очистить нельзя. Очистка производится въ спеціальныхъ машинахъ, которыя бываютъ двухъ родовъ: въ однихъ струя воздуха направляется на падающую крупку (вѣйки, самовѣйки), въ другихъ она пронизываетъ снизу вверхъ слой крупки или мѣсятки, двигающійся по ситу (ситовѣйки). Въ первомъ случаѣ крупинки болѣе легкія и болѣе плоской формы (содержащія больше оболочки) относятся дальше, а добротныя падаютъ ближе; посредствомъ подходяще установленныхъ перегородокъ ихъ оказывается возможнымъ раздѣлить (черт. 167). Во второмъ случаѣ струя воздуха, поддерживая болѣе легкія частицы, не даетъ имъ проваливаться черезъ отверстія сита, черезъ которыя свободно проходятъ частицы тяжеловѣсныя. Размельченіе зерна въ дранномъ процессѣ и промежуточныхъ въ размольномъ производятъ въ нѣсколько пріемовъ, при слабомъ дѣйствіи размельчающихъ машинъ, чѣмъ достигается полученіе бо́льшаго количества крупокъ въ дранномъ и отсутствіе перетертыхъ оболочекъ въ размольномъ процессахъ.



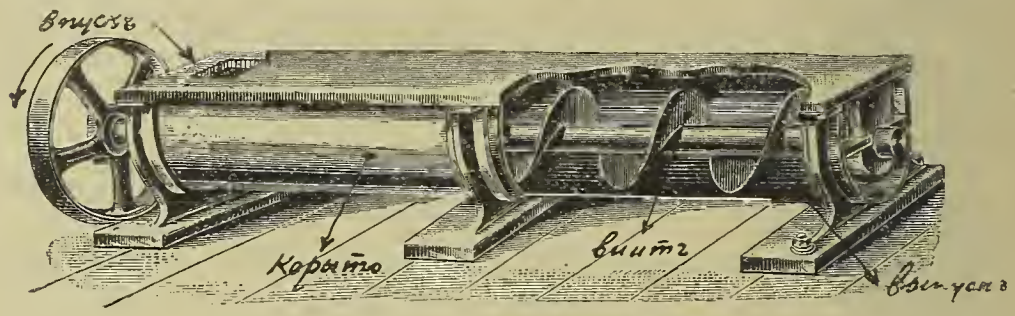
Черт. 167.

Въ зависимости отъ количества отдѣльныхъ операцій, производимыхъ надъ зерномъ, и промежуточными продуктами, крупчатый помолъ называется *полнымъ или сокращеннымъ* (также — первачевымъ, мякотнымъ). Крупчатый помолъ примѣняется исключительно для размола пшеницы, такъ какъ къ пшеничной мукѣ предъявляются наиболѣе высокія требованія. Въ мукомольномъ производствѣ всѣ сорта пшеницы раздѣляются на *твердые, средніе* и *мягкіе;* первые имѣютъ стекловидный изломъ, тонкую и достаточно хрупкую оболочку; мягкіе, наоборотъ, обладаютъ мучнистымъ изломомъ, эластичной, болѣе толстой оболочкой и слабымъ ядромъ; признаки среднихъ заключаются между указанными. Изъ твердыхъ пшеницъ получается мука съ весьма нѣжнымъ, желтоватаго цвѣта оттѣнкомъ, болѣе богатая клейковиной, чѣмъ получаемая изъ мягкихъ, имѣющая бѣлый цвѣтъ. Чѣмъ тверже пшеница, тѣмъ больше получается изъ нея крупокъ, тѣмъ меньше дранной муки. Благодаря слабому дѣйствію размольныхъ машинъ не раздробляется и эластичный зародышъ зерна; онъ выдѣляется вмѣстѣ съ крупкой, уходитъ при очисткѣ

ея въ относы и сходы и, слѣдовательно, въ лучшіе сорта муки не попадаетъ.

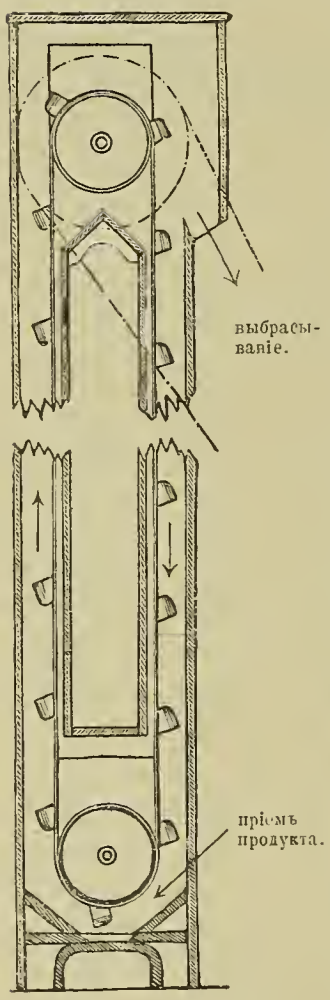
Требованія, предъявляемыя къ качеству муки, имѣютъ слѣдующія основанія: примѣшанныя къ мукѣ оболочки безполезны для питанія и дѣлаютъ хлѣбъ темнымъ. Отсутствіе мучной пыли и одинаковый размѣръ частицъ желательны потому, что при изготовленіи тѣста частицы одинаковаго размѣра одновременно приходятъ въ состояніе, готовое для выпеканія. Зародышъ понижаетъ всхожесть муки, портитъ цвѣтъ хлѣба и его вкусъ; мука, содержащая его, скорѣе портится (горкнетъ); поэтому низкіе сорта муки, въ которые онъ попадаетъ, не сохраняются такъ долго, какъ высокіе. Не слѣдуетъ думать, что крупчатный помолъ обращаетъ все мучнистое ядро зерна въ муку наивысшаго качества; такою вырабатывается только часть муки, тогда какъ низкіе сорта крупчатной муки хуже низкихъ помола сѣянаго, а послѣдніе хуже муки простого размола. Невозможно получить муку вполнѣ доброкачественную, если размалывать зерно въ томъ видѣ, въ какомъ оно поступаетъ на мельницу. Въ немъ всегда находятся различныя примѣси, оно всегда покрыто грязью и пылью, которой особенно много въ бороздкѣ и бородкѣ зерна; бородка, грязь и постороннія примѣси, попадая въ муку, загрязняютъ ее. Поэтому до размола отъ зерна отдѣляютъ всѣ примѣси, очищаютъ его поверхность отъ грязи и удаляютъ бородку. Чѣмъ лучшаго качества желаютъ получить муку, тѣмъ тщательнѣе производятъ очистку; при простомъ помолѣ она почти не практикуется. Каковы бы ни были примѣси, ихъ отдѣленіе производится такъ: все болѣе мелкое и болѣе крупное, чѣмъ зерно, отдѣляется посредствомъ ситъ и рѣшетъ; болѣе легкія примѣси отдѣляются провѣваніемъ; примѣси, имѣющія одинъ размѣръ, одинаковый съ толщиною зерна, выдѣляются тріерами (сортированіе по длинѣ, см. ниже); кусочки желѣза извлекаются магнитомъ. По отдѣленіи примѣсей зерно переходитъ на очистку его поверхности отъ пыли и грязи; эта очистка производится или сухимъ путемъ, или промывкой въ водѣ. Въ первомъ случаѣ зерно направляется въ обоечныя и щеточныя машины; въ обойкахъ зерна перетираются между собою и объ острошероховатую рабочую поверхность, которую въ настоящее время дѣлаютъ изъ наждака; оттертая пыль удаляется изъ машины вентиляторомъ. Въ щеточныхъ машинахъ зерно перетирается щетками, при чемъ снимаются кусочки оболочки, надорванной обойками и до нѣкоторой степени удаляется грязь изъ бороздки зерна. По окончаніи очистки зерно (пшеница и, рѣже, рожь) смачивается водою и направляется для вылежки въ закрома; при этомъ влага равномѣрно распредѣляется

по оболочкѣ и дѣлаетъ ее болѣе эластичной, менѣе раздробляющейся при размельчаніи. При промывкѣ зерно поступаетъ въ



Черт. 168. Безконечный винтъ.

промывную машину; въ ней отмывается грязь, отдѣляются камешки и кусочки земли, близкіе по размѣрамъ и формѣ къ зерну пшеницы. Изъ промывной машины зерно направляется въ отжимный аппаратъ, который отдѣляетъ воду, оставшуюся на его поверхности, и мягкія зерна пшеницы подсушиваются токомъ воздуха; послѣ чего зерно вылеживается въ закромахъ.

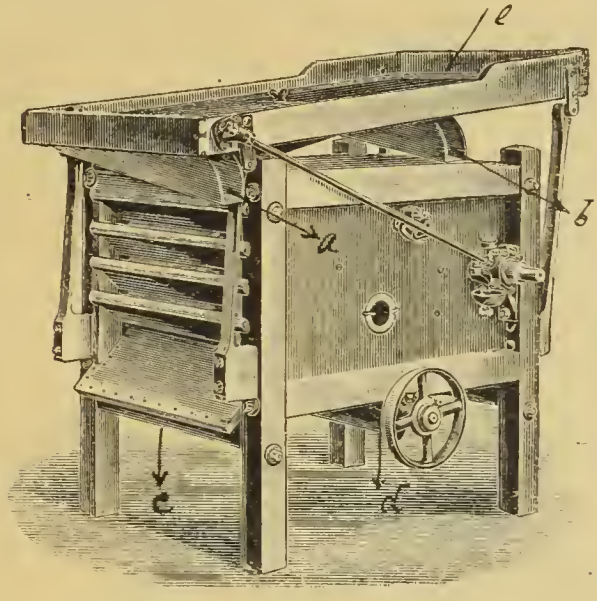


Черт. 169. Элеваторъ или самотаска.

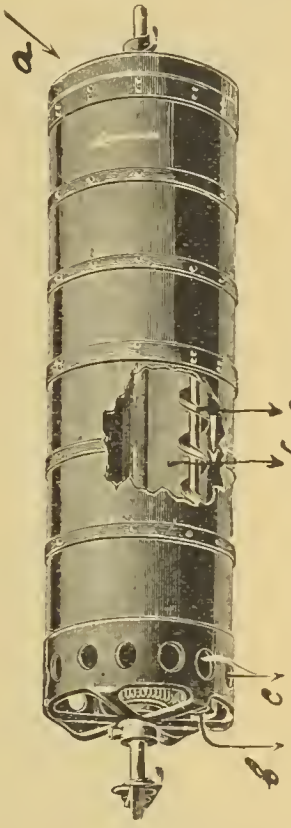
Вылежавшееся зерно проходитъ одинъ разъ обойки и 1—2 раза щеточныя машины. Отдѣленіе мельницы, въ которомъ происходитъ очистка зерна, называется зерноочистительнымъ или обоечнымъ (также — обойка, шеретовка). Въ мельницахъ современнаго устройства очистка и размолъ зерна происходитъ *автоматически;* рабочія руки нужны только для засыпки зерна и выбоя муки изъ закромовъ въ мѣшки. Мельницы *мѣшковыя,* въ которыхъ продукты изъ одной машины въ другія передаются рабочими, постепенно исчезаютъ.

Приспособленіями для перемѣщенія продуктовъ размола и зерна служитъ при спускѣ сверху внизъ *течки* — деревянныя трубы квадратнаго или желѣзныя круглаго сѣченія; при перемѣщеніи по горизонтальному направленію — *безконечные винты,* вращающіеся въ деревянномъ или желѣзномъ корытѣ (черт. 168); при подъемѣ — *элеваторы* или *самотаски.* Послѣдніе (черт. 169) представляютъ собою безконечную ленту съ ковшами, натянутую на

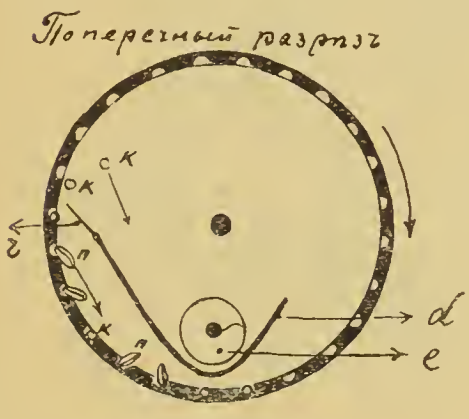
2 шкива; при вращеніи верхняго шкива лента приходитъ въ движеніе, ковши захватываютъ продуктъ внизу и выбрасываютъ наверхъ. Для отдѣленія примѣсей по величинѣ примѣняются *плоскія сита* и *бураты;* первыя представляютъ собою ящикъ, въ который вкладываются рамки съ проволочными ситами или



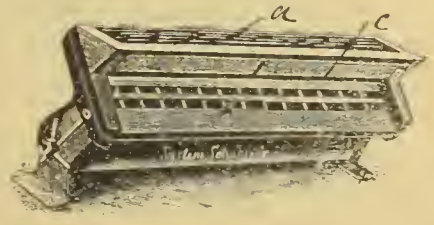
Черт. 170. Тараръ.
a — крупная примѣсь; *b* — мелочь, *c* — чистое зерно, *d* — тяжелый относъ.



Черт. 171. Тріеръ.



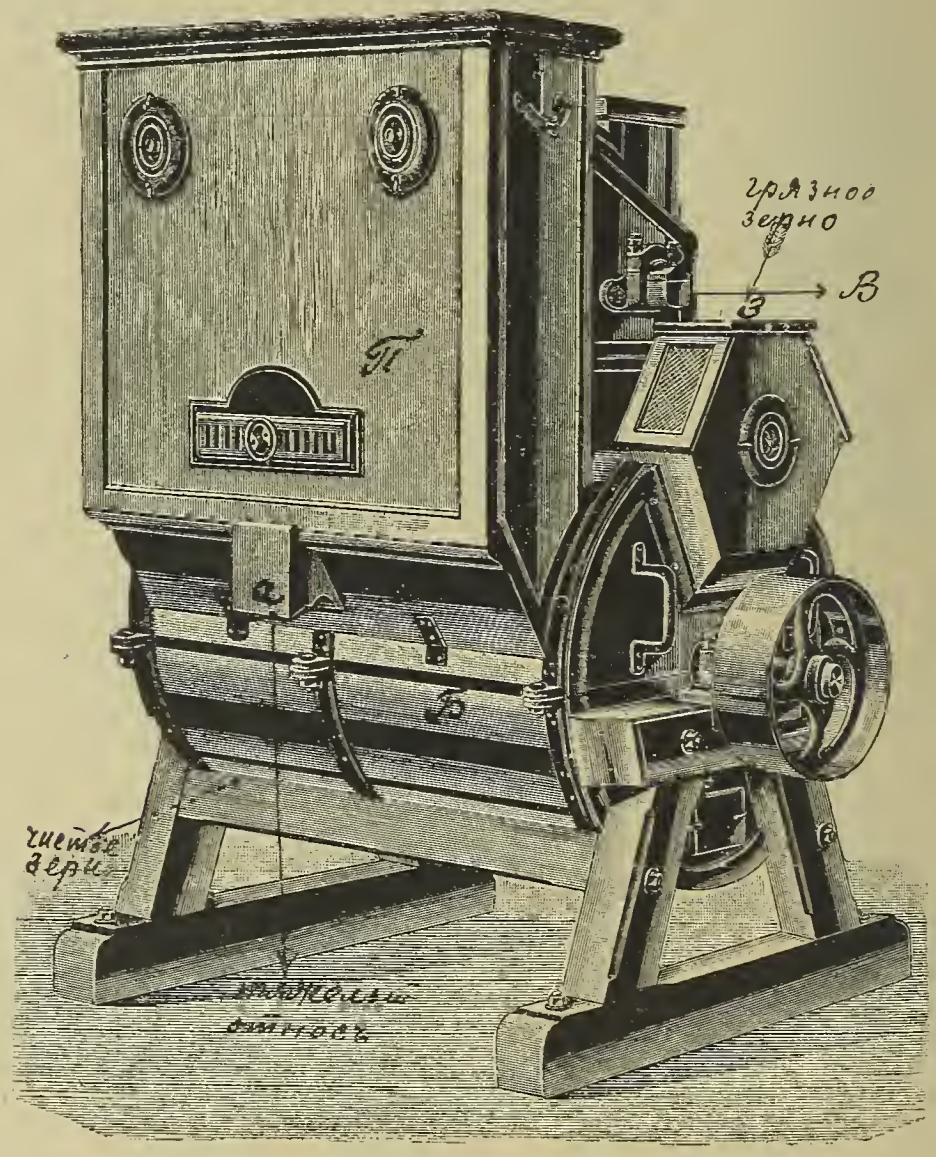
Черт. 172.



Черт. 173.
Магнитный аппаратъ.

рѣшетами; этотъ ящикъ, имѣющій уклонъ въ сторону движенія зерна, поддерживается пружинами и приводится въ качательное движеніе посредствомъ шатуна и кривошипа. Плоское сито обыкновенно примѣняются въ соединеніи съ тараромъ (см. ниже). Бураты состоятъ изъ обтянутаго ситами шестиграннаго остова, помѣщеннаго въ закрытый шкапъ. Зерно поступаетъ въ призму,

при вращеніи которой оно приходитъ въ движеніе и, благодаря уклону ея, перемѣщается къ пониженному концу. Въ началѣ призмы ставится сито съ мелкими отверстіями, а къ концу съ такими, чтобы проваливалось зерно; при этомъ первое отсѣиваетъ мелочь, черезъ второе проходитъ зерно, а сходомъ съ сита



Черт. 174. Обойка.

отдѣляется крупная примѣсь. Уложенный на дно шкапа винтъ подводитъ просѣянные продукты къ отверстіямъ для удаленія изъ машины.

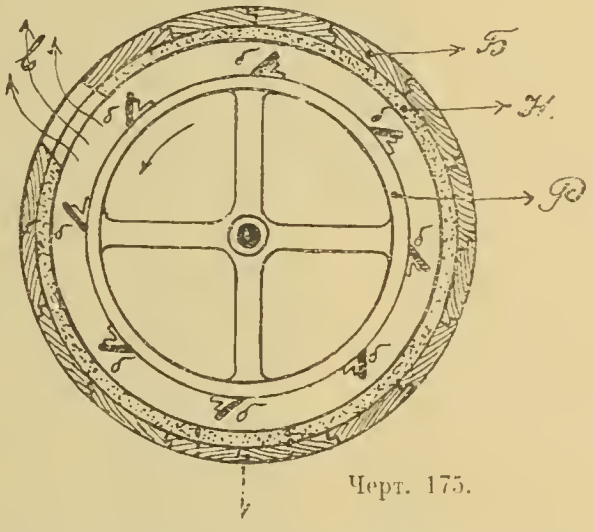
Для провѣванія зерна служатъ *тарары* (черт. 170); зерно поступаетъ въ ковшъ и, падая внизъ, провѣвается струями воздуха, всасываемаго вентиляторомъ; отнятыя токомъ воздуха болѣе тя-

желыя примѣси осѣдаютъ внутри машины, собираются въ карманахъ *C* и, по мѣрѣ накопленія, выпадаютъ.

Тріеры состоятъ изъ цилиндра съ ячеистой внутренней поверхностью, получающейся высверливаніемъ или штампованіемъ углубленій въ цинковыхъ листахъ. Цилиндръ вращается около неподвижной оси, имѣющей уклонъ (черт. 171); на оси подвѣшено корыто (черт. 172), въ которомъ уложенъ винтъ. Зерно поступаетъ внутрь цилиндра и помѣщается подъ корытомъ; зерна пшеницы *a* и примѣси *k* попадаютъ въ ячейки, но при вращеніи цилиндра первыя, какъ болѣе длинныя, выпадаютъ раньше, тогда какъ примѣсь оставляетъ ячейки, когда онѣ минуютъ щитокъ *r*; упавъ на щитокъ, примѣсь скатывается въ корыто и удаляется винтомъ, тогда какъ зерна пшеницы постепенно сползаютъ къ пониженному концу цилиндра. Тріеры, отдѣляющіе куколь, называются куколеотборниками.

Магнитный аппаратъ показанъ на черт. 173; зерно поступаетъ въ ковшъ *a*, откуда тонкимъ слоемъ протекаетъ по концамъ магнитовъ *b*. Желѣзные предметы, притягиваемые магнитами, по мѣрѣ накопленія, удаляются руками.

Поперечный разрѣзъ наждачнаго кожуха обойки.

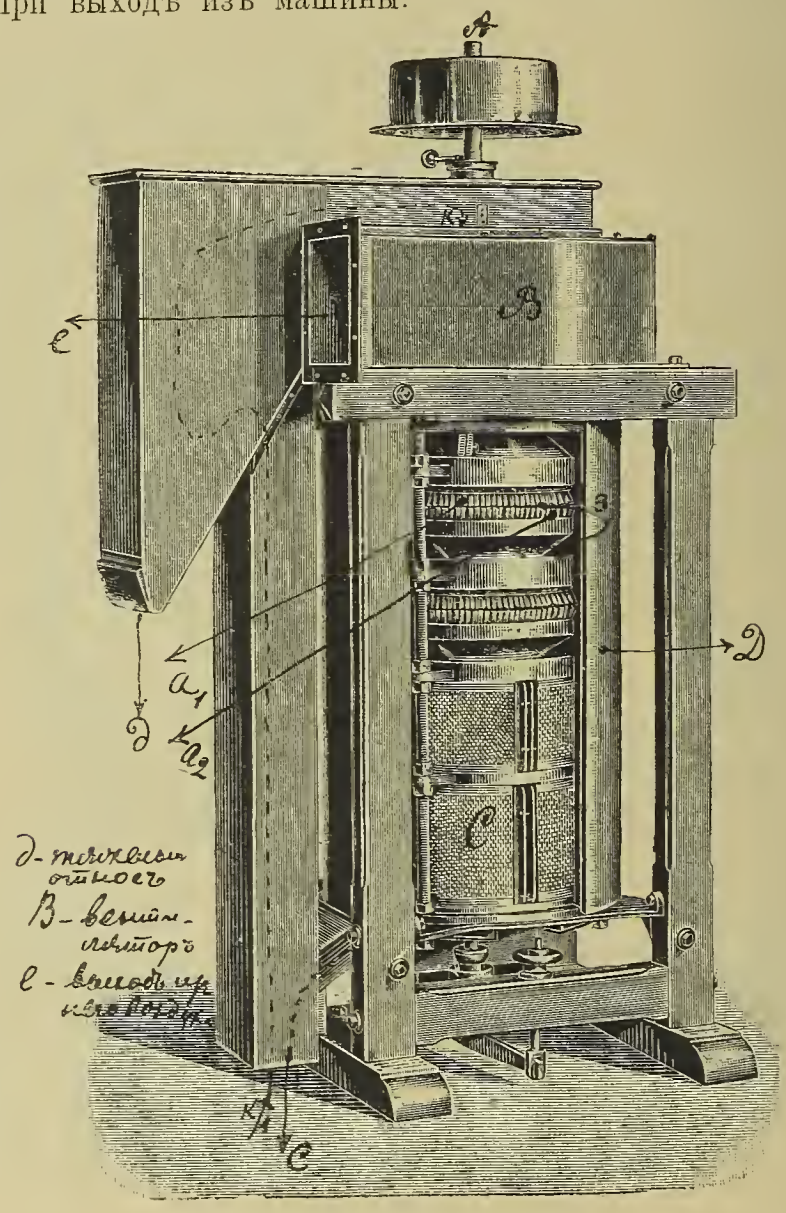


Черт. 175.

Наждачныя обойки (черт. 174—175) состоятъ изъ кожуха *Б*, выложеннаго изнутри наждачной массой *Н*; барабана *Р*, снабженнаго бичами *б—б* и вентилятора *В*. Зерно поступаетъ въ отверстіе *з* и направляется внутрь кожуха. Вращающійся барабанъ, ударяя по зерну бичами, отбрасываетъ его на наждачную поверхность, гдѣ и происходитъ оттираніе грязи. Вентиляторъ, черезъ щель *в*, вытягиваетъ воздухъ, вмѣстѣ съ нимъ пыль, отдѣлившіяся оболочки и отбитые кусочки зерна.

На черт. 176 показана вертикальная *щеточная машина*; она состоитъ изъ нѣсколькихъ попарно работающихъ коническихъ щетокъ, окруженныхъ сдѣланнымъ изъ рѣшета кожухомъ *С*; сплошного кожуха *Д*, и вентилятора *В*. Нижнія щетки укрѣплены на валу *А*, а верхнія прикрѣплены къ станинѣ машины. При вращеніи вала *А* нижнія щетки вращаются и перетираютъ зерно,

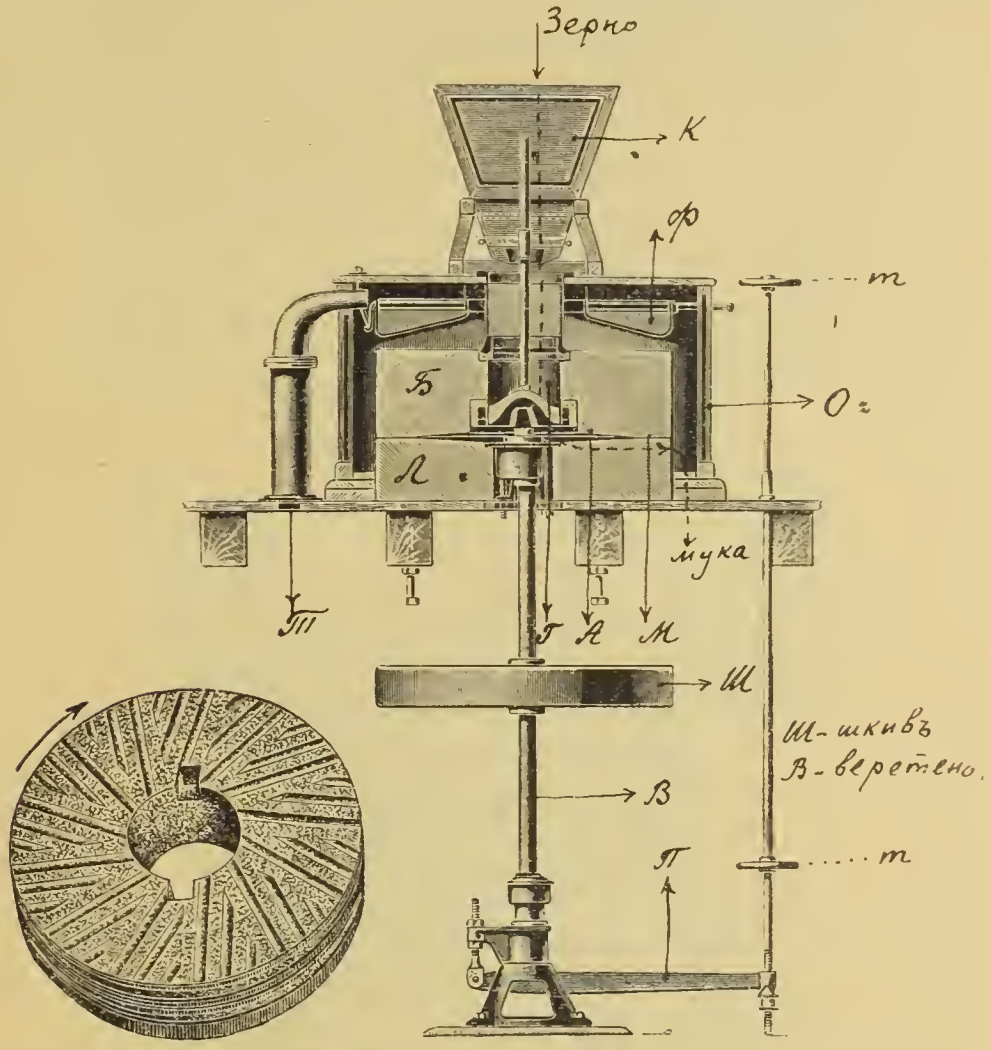
которое входитъ у центра щетокъ и выходитъ по ихъ окружности; пройдя одну пару щетокъ, оно возвращается къ центру слѣдующей и т. д., пока не выйдетъ изъ машины по трубѣ *c*. Зерно провѣвается при переходѣ изъ одной пары щетокъ въ другую и при выходѣ изъ машины.



Черт. 176. Щеточная машина.

Въ качествѣ размельчающихъ машинъ въ мельницахъ примѣняются почти исключительно *жерновые* и *валковые поставы* (вальцы, вальцевые станки). Рабочими органами первыхъ служатъ два, совмѣстно работающихъ, жернова (черт. 177), изготовляемые большею частью изъ песчаника (русскіе камни) и кварцеваго камня (французскіе) или изъ кусочковъ кварцеваго камня

и наждака, соединенныхъ цементирующимъ веществомъ (искусственные камни). Одинъ изъ жернововъ (черт. 178, *Б*) приводится во вращеніе (бѣгунъ), другой (лежнякъ) неподвиженъ. Зерно, засыпанное въ ковшъ, проходитъ въ отверстіе бѣгуна (глазъ), направляется въ расширенное рабочее пространство *А* (глотокъ) и затѣмъ далѣе къ окружности жернововъ. Попадая между движу-

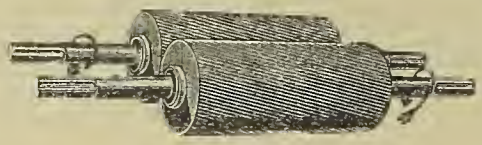


Черт. 177. Жерновъ.

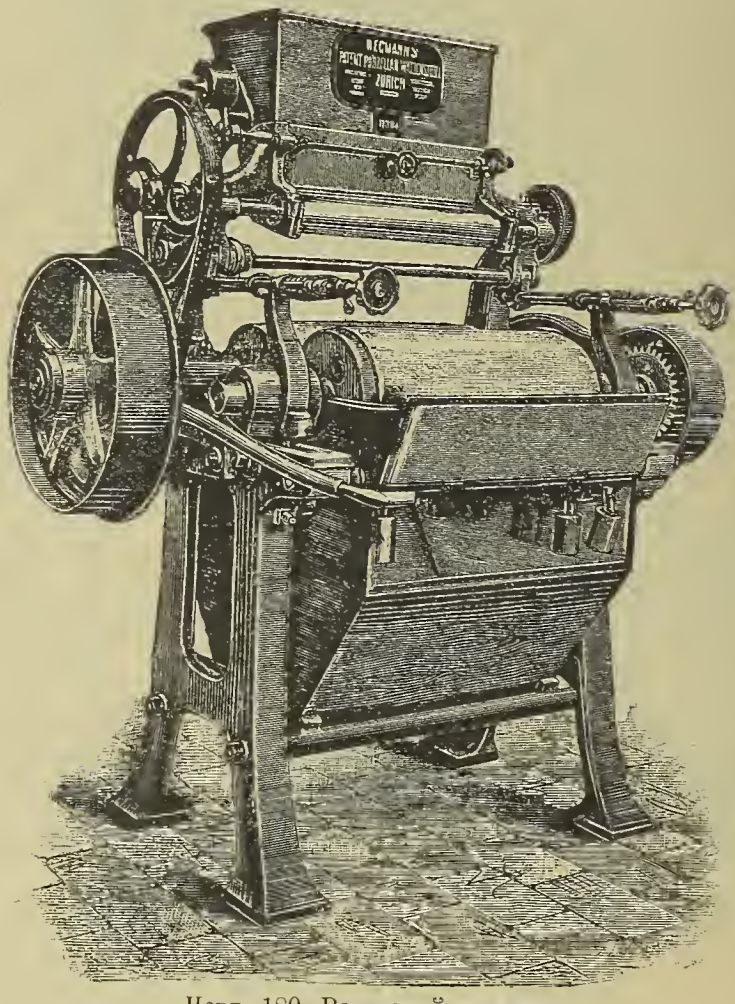
Черт. 178. Жерновой поставъ.

щейся и неподвижной поверхностями ихъ, оно размельчается; наибольшее размельченіе происходитъ въ мелющемъ поясѣ *М*. Чтобы повысить производительность жернововъ и дать доступъ наружному воздуху въ рабочее пространство для охлажденія размельчаемаго продукта, на жерновахъ дѣлаются бороздки (черт. 177). Измѣненіе разстоянія между жерновами производится при посредствѣ рычага *П*. Кромѣ описаннаго, примѣняются жерновые поставы съ нижнимъ бѣгуномъ, которые производительнѣе, чѣмъ

поставы съ верхнимъ бѣгуномъ, такъ какъ въ нихъ продуктъ всегда лежитъ на вращающемся жерновѣ и подъ дѣйствіемъ центробѣжной силы скорѣе перемѣщается. Жерновые поставы примѣняются при простомъ помолѣ и только для нѣкоторыхъ операцій сѣянаго и крупчатнаго, такъ какъ они слишкомъ перетираютъ оболочки. Въ сѣяномъ и тѣмъ болѣе крупчатномъ помолахъ пользуются преимущественно вальцами; рабочими органами ихъ служатъ пара совмѣстно работающихъ валовъ (черт. 179), враща-

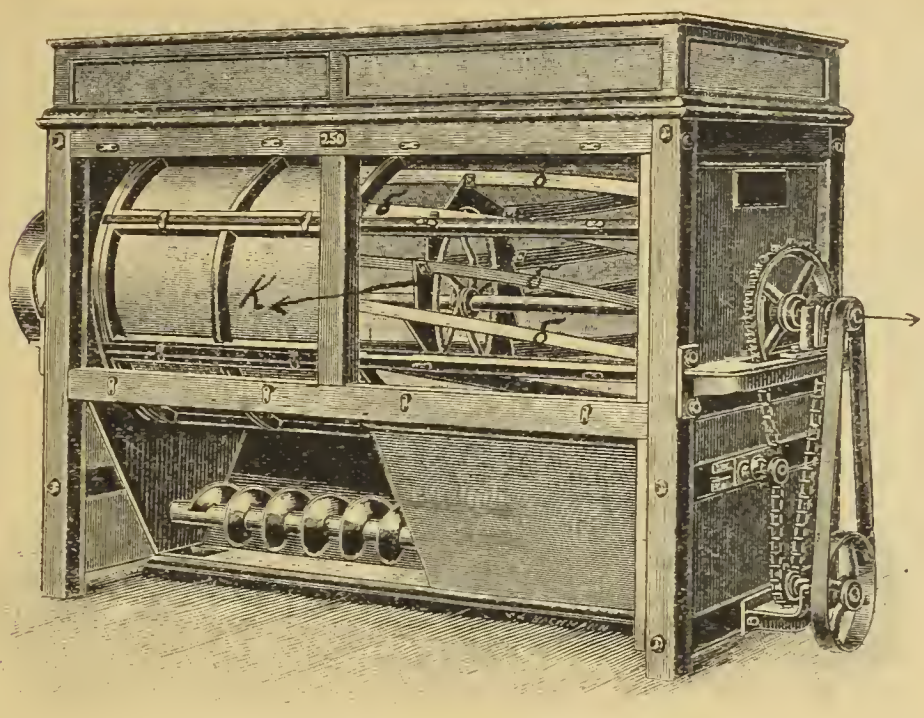


Черт. 179. Рифленые валки.

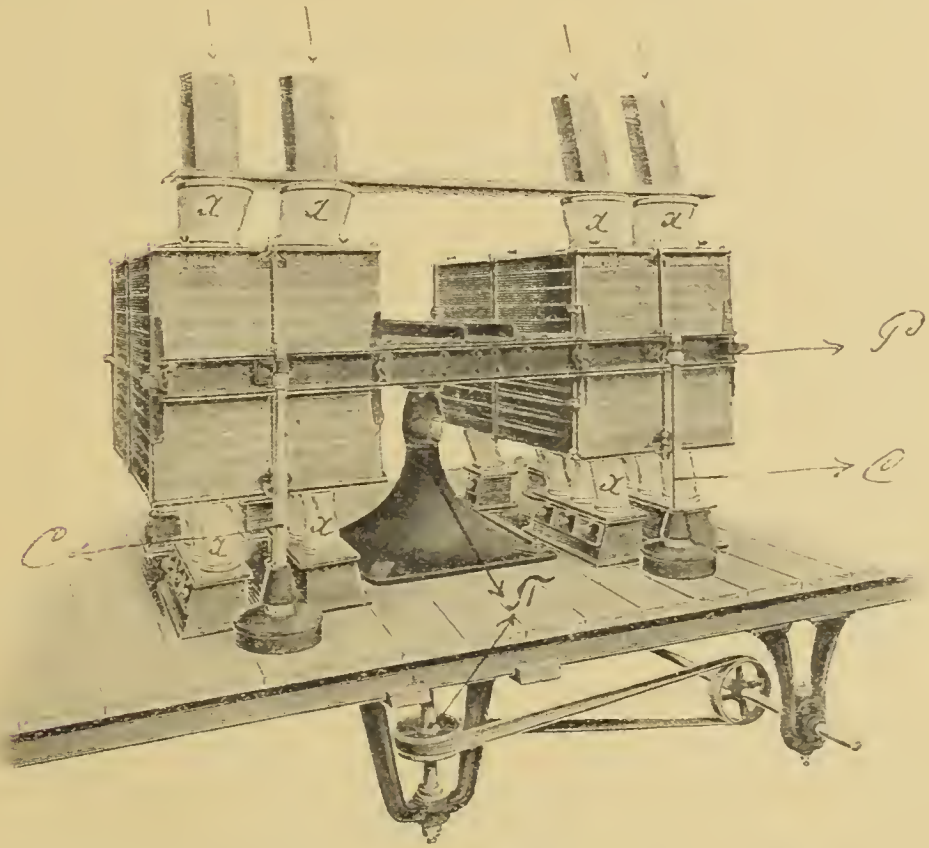


Черт. 180. Вальцовый станокъ.

ющихся съ различными скоростями и въ различныхъ направленіяхъ. На черт. 180 показанъ вальцевый станокъ съ фарфоровыми валами. Продуктъ изъ ковша проходитъ черезъ питающій аппаратъ, большею частью состоящій изъ двухъ вращающихся валиковъ, и поступаетъ въ пространство между валками, гдѣ и про-



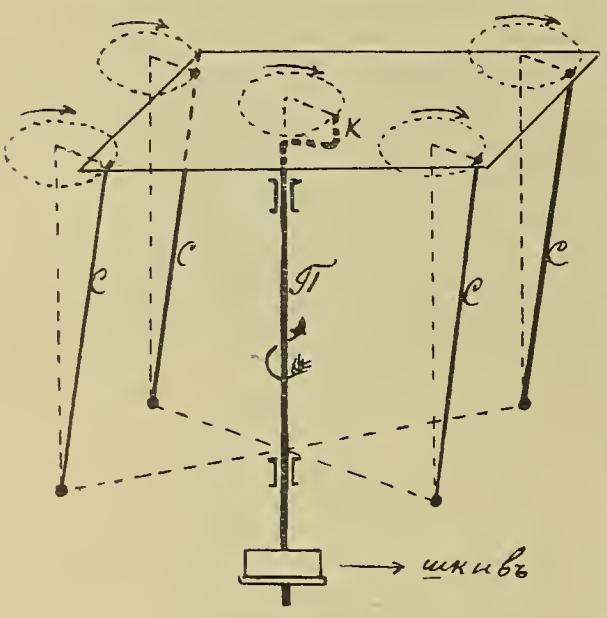
Черт. 181. Центробѣжный бурат.



Черт. 182. Плоскіе разсѣвы.

исходитъ его размельченіе. Валки дѣлаются изъ закаленнаго чугуна и рѣдко изъ фарфора. Чугунные бываютъ гладкіе (для размола крупокъ и мѣсятокъ) и рифленые (для драннаго процесса, простого помола).

Для просѣванія продуктовъ размола употребляются *сита шелковыя* (главнымъ образомъ), *стальныя* и *бронзовыя*. Просѣвными аппаратами въ мельницахъ служатъ: *бураты*, ничѣмъ не отличающіеся отъ примѣняемыхъ при очисткѣ зерна; *цилиндрическіе бураты* (или сита), *центробѣжные бураты* (черт. 181) и *плоскіе разсѣвы* (черт. 182).

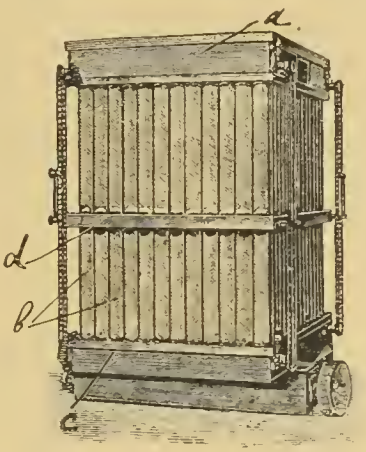


Черт. 183.

Цилиндрическіе бураты имѣютъ остовъ для натягиванія сита такого устройства, что просвѣчивающая поверхность получаетъ форму цилиндра; въ остальномъ ихъ устройство одинаково съ призматическими буратами. Центробѣжные бураты состоятъ изъ цилиндрической просѣвающей поверхности, внутри которой помѣщаются бичи (*б*—*б*), прикрѣпленные къ кругамъ *К*, посаженнымъ на валъ *Р*. Продуктъ, поступающій внутрь цилиндра, при вращеніи вала *Р* отбрасывается бичами на рабочую поверхность и просѣвается. Сито медленно вращается въ ту же сторону, что и валъ *Р*. Въ этомъ разсѣвѣ вся ситовая поверхность всегда участвуетъ въ просѣваніи, почему онъ гораздо производительнѣе призматическаго и цилиндрическаго буратовъ. Но наибольшей производительностью отличаются плоскіе разсѣвы, которые, на ряду съ этимъ, отсѣваютъ и болѣе ровный продуктъ. Рамки съ натянутыми на нихъ ситами располагаются двумя группами по сторонамъ привода *П* и укрѣпляются въ общей рамѣ *Р*. Рама, подпертая качающимися стойками *С*, приводится въ движеніе кривошипомъ; характеръ движенія рамы (а слѣдовательно, и ситъ) выясняется чертежомъ 183, изъ котораго видно, что каждая точка разсѣва описываетъ

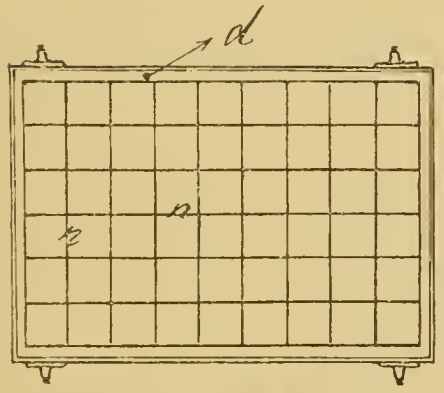
Черт. 184.

окружность радіуса, равнаго радіусу кривошипа *K*. Ситовыя рамки раздѣлены на нѣсколько каналовъ. Продуктъ, лежащій на ситѣ, вслѣдствіе инерціи, описывалъ бы по отношенію къ ситу окружности радіуса кривошипа, но этому препятствуютъ гребешки *г—г* (черт. 184); подъ вліяніемъ этихъ гребешковъ продуктъ проходитъ путь, показанный пунктиромъ. Такъ какъ отверстія разсѣва, служащія для пріема и выпуска продуктовъ, находятся въ постоянномъ движеніи, то они соединяются съ течками холщевыми рукавами *x—x*.



Черт. 185.
Нагнетательный фильтръ.

Воздухъ, выходящій изъ мельничныхъ машинъ, всегда несетъ массу пыли — грязной въ обоечномъ отдѣленіи, мучнистой изъ вѣекъ и при вентилированіи машинъ размольнаго отдѣленія. Чтобы не загрязнять мельницы, въ первомъ случаѣ, и не терять, кромѣ того, мучнистыхъ частицъ во второмъ, воздухъ изъ машинъ направляется или въ *пыльныя камеры* или же въ *фильтры*. Пыльныя камеры представляютъ собою помѣщеніе достаточныхъ размѣровъ, въ которомъ пыль осѣдаетъ, благодаря уменьшенію скорости воздушной струи. Въ фильтрахъ воздухъ пропускается черезъ ткань, которая задерживаетъ пыль. На черт. 185 показанъ такъ называемый нагнетательный фильтръ; состоитъ изъ коробокъ *a* и *c*, соединенныхъ рукавами *вв*, изъ фильтрующей ткани; вентиляторъ нагнетаетъ воздухъ въ верхнюю коробку, откуда онъ проникаетъ въ рукава, а изъ нихъ, черезъ ткань, наружу. Фильтръ снабженъ рамой *d* съ натянутой въ ней проволокой *n* (черт. 186); каждый изъ рукавовъ проходитъ въ отверстія между проволоками *n* и, при движеніи рамы вверхъ и внизъ, обжимается ими; пыль падаетъ въ нижнюю коробку и безконечнымъ винтомъ выводится наружу.



Черт. 186. Рама фильтра.

Литература: *Нотовичъ*. Спутникъ мельника-механика. *Зворыкинъ*. Курсъ мукомольнаго производства. *Рейсихъ*. Помолы русскихъ мельницъ.

Химическая технологія.

1. Ледъ.

Необходимость сохраненія запасовъ пищевыхъ продуктовъ заставляетъ прибѣгать къ устройству помѣщеній съ низкой температурой (около 0°), при которой жизнедѣятельность бактерій, служащихъ причиною порчи пищевыхъ припасовъ, сильно понижается. Естественнымъ, и потому давно извѣстнымъ, средствомъ для пониженія температуры служитъ ледъ. Одинъ килограммъ льда при таяніи поглощаетъ 80 калорій тепла (см. т. I «Физика»), благодаря чему, понижаетъ температуру окружающаго его пространства. Принято въ теченіе зимы дѣлать значительные запасы льда на лѣтнее время. Для сохраненія льда устраиваютъ особыя помѣщенія — ледники, въ большинствѣ случаевъ представляющіе собою вырытыя въ землѣ и обложенныя деревомъ ямы.

Ледъ изъ рѣки или пруда выламывается или выпиливается правильными кусками, вытаскивается изъ воды и оставляется на воздухѣ при значительно низкой температурѣ, болѣе или менѣе продолжительное время съ тою цѣлью, чтобы онъ принялъ температуру ниже 0°. Охлажденный такимъ образомъ ледъ укладывается въ ледникъ возможно плотно, щели же забиваются мелкимъ льдомъ или снѣгомъ; отдѣльные куски льда, имѣющіе температуру ниже 0°, при этомъ смерзаются. Все это дѣлается для того, чтобы не допустить циркуляціи воздуха между кусками льда. Въ такомъ случаѣ ледъ сохраняется долго, а окружающій воздухъ охлаждается, прикасаясь къ поверхности льда, съ которой послѣдній только и оттаиваетъ.

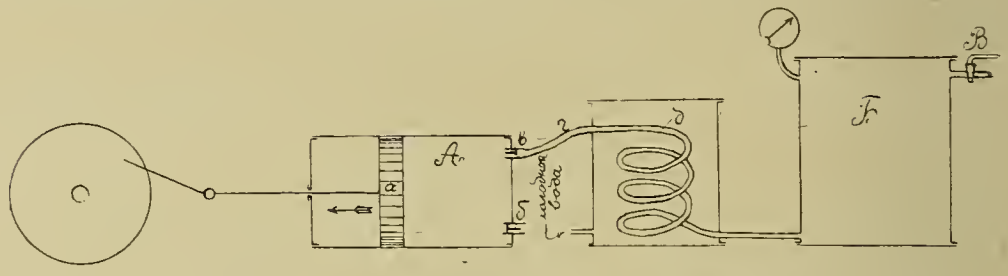
Охлажденіе при помощи постепенно тающаго льда можетъ быть доведено только до 0°. Для болѣе сильнаго охлажденія ко льду примѣшиваютъ обыкновенную соль или же приливаютъ спиртъ или кислоту. Въ такомъ случаѣ ледъ начинаетъ быстро таять и производитъ охлажденіе до болѣе низкой температуры.

Заготовка естественнаго льда въ значительныхъ количествахъ возможна только въ холодныхъ странахъ, гдѣ держится продолжительная зима, во время которой всѣ открытые водосливы (рѣки, пруды, озера) покрываются льдомъ; но въ странахъ, гдѣ рѣки не замерзаютъ или же покрываются только на короткое время тонкимъ слоемъ льда, заготовка большихъ запасовъ его невозможна. Здѣсь является необходимость прибѣгать къ другимъ способамъ охлажденія помѣщеній и къ полученію искусственнаго льда. Охлажденіе помѣщеній и полученіе искусственнаго льда можетъ быть достигнуто тремя способомъ:

1) растворенiемъ нѣкоторыхъ солей въ водѣ. При растворенiи солей въ водѣ въ большинствѣ случаевъ происходитъ поглощеніе тепла и потому, если при этомъ раствора не подогрѣвать искусственно, происходитъ значительное охлажденіе раствора и окружающаго пространства. Лучшимъ примѣромъ можетъ служить растворъ селитры въ водѣ. Если взять на 1 килограммъ селитры (лучше всего амміачной) 5 литровъ воды и сильно размѣшивать такъ, чтобы селитра быстро растворялась, то полученный растворъ настолько охладится, что возможно, внеся въ него тонкаго стекла сосудъ съ водою, заморозить находящуюся въ немъ воду. Но такимъ способомъ можно достигнуть охлажденія до 0° только въ небольшомъ объемѣ и получить ледъ только въ очень незначительномъ количествѣ.

2) Второй способъ полученія низкихъ температуръ основанъ на поглощеніи теплоты при расширеніи газовъ. Извѣстно, что воздухъ при сжатіи значительно нагрѣвается; если его оставить въ сжатомъ видѣ до тѣхъ поръ, пока онъ не приметъ температуры окружающей среды, и послѣ этого дать ему расшириться до первоначальнаго объема, то онъ охладится до температуры значительно низшей, чѣмъ окружающая среда. Возьмемъ цилиндръ съ воздухомъ, имѣющимъ температуру окружающей среды 20° Ц., сожмемъ воздухъ въ 4 раза, т.-е. доведемъ его упругость до 4 атмосферъ; онъ нагрѣется до 160° Ц. Дадимъ ему остыть до температуры окружающей среды (20°) и начнемъ выпускать. Воздухъ, выходя изъ цилиндра, расширится и охладится до температуры —80° Ц. Этимъ холоднымъ воздухомъ можно настолько охладить помѣщеніе, что находящаяся въ немъ вода замерзнетъ. Этимъ способомъ пользуются для полученія искусственнаго льда. На черт. 187 представлена схема ледяной машины: *A* представляетъ собою цилиндръ, въ которомъ ходитъ взадъ и впередъ поршень *a*. Когда поршень движется въ сторону, показанную стрѣлкой, въ цилиндръ всасывается воздухъ черезъ клапанъ *б*; поршень доходитъ до конца и двигается обратно, клапанъ *б* закрывается, и пор-

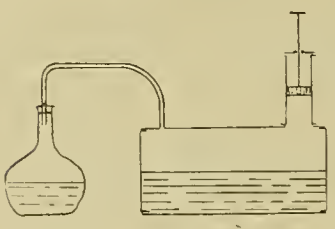
шень *а* начинаетъ сжимать заключенный въ цилиндрѣ воздухъ. Когда онъ его сожметъ въ 4 раза (до 4 атм.), то откроется клапанъ *в*; сжатый и нагрѣвшійся отъ сжатія воздухъ черезъ клапанъ *в* и трубу будетъ выходить въ холодильникъ *д*, гдѣ, проходя по змѣевику, охладится окружающей змѣевикъ водою до температуры воды, и соберется въ сосудѣ *Б*. Если этотъ сжатый до 4 атм. воздухъ выпускать изъ сосуда *Б* черезъ кранъ *В*, то онъ, выходя, будетъ расширяться до нормальной упругости и



Черт. 187. Схема воздушной холодильной машины.

сильно охлаждаясь, будетъ охлаждать и то помѣщеніе, въ которое его выпускать.

3) Третій способъ полученія низкихъ температуръ и приготовленія искусственнаго льда основанъ на поглощеніи теплоты при испареніи жидкостей. При испареніи жидкостей поглощается значительное количество теплоты (скрытая теплота); такъ, при испареніи 1 килограмма воды при 0° поглощается 606 калорій тепла. Если заставить воду быстро испаряться, не нагрѣвая ея, то необходимая для испаренія теплота будетъ отниматься отъ самой воды, вслѣдствіе чего вода будетъ охлаждаться и можетъ охладиться настолько, что часть воды замерзнетъ.

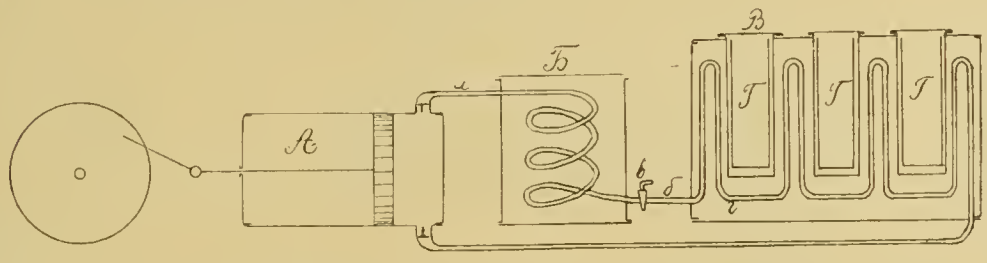


Черт. 188. Схема ручной ледяной машины.

Мы знаемъ, что вода быстро испаряется при кипяченіи, которое происходитъ при нагрѣваніи воды до 100° Ц., если она находится въ открытомъ сосудѣ подъ воздушнымъ давленіемъ, равнымъ одной атмосферѣ, или 760 mm. ртутнаго столба. Если же воду взять въ графинъ и выкачать изъ него воздухъ, то послѣдняя будетъ быстро испаряться и даже кипѣть безъ всякаго подогрѣванія и при низкой температурѣ. На черт. 188 изображена ручная ледяная машинка Карре. Графинъ съ водою при помощи трубки соединенъ съ цилиндромъ, въ которомъ находится крѣпкая сѣрная кислота. При помощи ручного насоса выкачивается изъ цилиндра и графина воздухъ, вслѣдствіе

чего часть воды въ графинѣ быстро испаряется и пары ея поглощаются сѣрной кислотой въ сосудѣ. Вслѣдствіе быстраго испаренія части воды температура оставшейся воды въ графинѣ настолько понижается, что она замерзаетъ. Графинъ обматывается сукномъ, чтобы предохранить отъ нагрѣванія окружающимъ воздухомъ. Приблизительно, когда четверть воды изъ графина выпарится, остальныя три четверти превратятся въ ледъ.

Для полученія быстраго испаренія воды безъ нагрѣванія необходимо выкачиваніемъ воздуха достигнуть почти полнаго безвоздушья надъ водою. Въ большомъ размѣрѣ это сдѣлать очень затруднительно; поэтому удобнѣе заставить испаряться какую-либо другую, болѣе летучую, чѣмъ вода, жидкость, какъ, напримѣръ: спиртъ, эѳиръ, жидкую сѣрную кислоту, жидкій амміакъ, жидкую углекислоту и др.

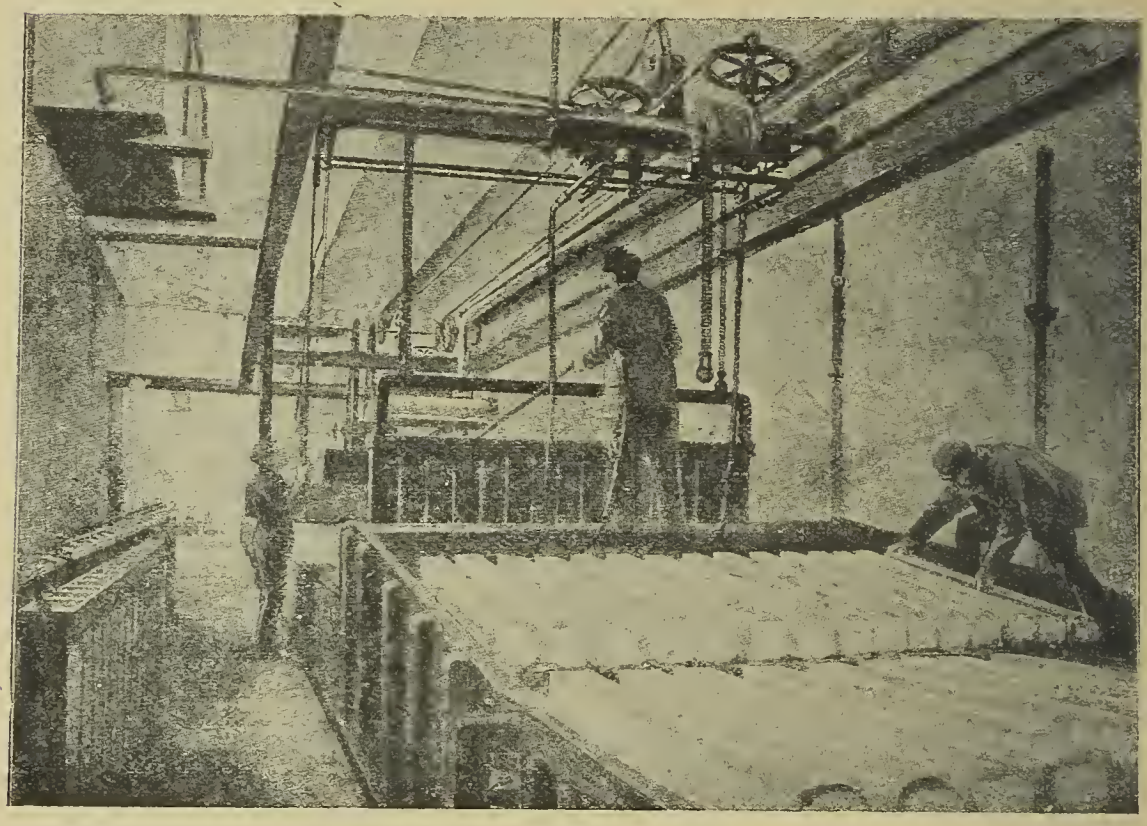


Черт. 189. Схема амміачной холодильной машины.

Если сосудъ, въ которомъ будетъ испаряться какая-либо жидкость, окружить водою, то испаряющаяся жидкость будетъ отнимать тепло отъ стѣнокъ сосуда и окружающей его воды, которая вслѣдствіе этого превратится въ ледъ. Наибольшимъ распространеніемъ пользуются амміачныя ледяныя машины, въ которыхъ какъ испаряющаяся жидкость взятъ сгущенный амміакъ.

На черт. 189 представлена схема амміачной ледяной машины. *А* представляетъ собою цилиндръ компрессора (воздушный нагнетательный насосъ), въ которомъ газообразный амміакъ сжимается до 9 атмосферъ и сжатый гонится по трубкѣ *а* въ холодильникъ *Б*, здѣсь въ змѣевикѣ онъ охлаждается окружающей водою до 15—20° Ц., вслѣдствіе чего превращается въ жидкость. Жидкій амміакъ помощью трубки *б* съ клапаномъ *в* переводится въ змѣевикъ *г* испарителя *В*. Въ этомъ змѣевикѣ амміакъ испаряется и въ видѣ амміачныхъ паровъ по трубкѣ *д* поступаетъ опять въ компрессоръ *А*, гдѣ вновь сжимается и гонится въ холодильникъ *В* и т. д.

При испареніи амміакъ отнимаетъ теплоту отъ окружающаго змѣевикъ соляного раствора, вслѣдствіе чего послѣдній охлаждается до — 9° Цельсія. Если въ этотъ соляной растворъ погрузить сосудъ *Г* съ прѣсной водой, то она превратится въ ледъ. Если же охлажденный соляной растворъ пустить по металлическимъ трубамъ, расположеннымъ въ какомъ-нибудь помѣщеніи,



Черт. 190. Приготовленіе льда помощью амміачной машины.

напримѣръ, въ подвалѣ, то можно охладить это помѣщеніе до температуры 0° и даже до — 2 — 3° Ц.

Въ промышленности для полученія искусственнаго льда и для охлажденія помѣщеній пользуются преимущественно амміачными холодильными машинами.

2. Топливо.

Топливо имѣетъ огромное значеніе въ жизни человѣка: оно служитъ для отопленія жилищъ, для варки пищи; топливо расходуется въ огромныхъ количествахъ въ техникѣ, какъ источникъ тепла и какъ главный источникъ силы. Какъ извѣстно изъ физики, различные виды энергіи — работа, тепло, электриче-

ство — способны переходить другъ отъ друга, такъ что, сжигая топливо и получая тепло, мы можемъ затѣмъ превратить его въ любой, необходимый намъ, видъ энергіи — работу, электричество, свѣтъ.

Дрова, солома издавна примѣнялись людьми для отопленія; позже люди научились примѣнять для той же цѣли торфъ, каменный уголь, нефть; всѣ эти виды топлива по химическому составу являются соединеніями углерода съ водородомъ и кислородомъ; кромѣ того, въ топливѣ обычно содержится небольшое количество азота, сѣры и нѣкоторыхъ металловъ, въ видѣ солей различныхъ кислотъ. Углеродъ, водородъ, азотъ, сѣра, при сгораніи топлива въ воздухѣ, даютъ, въ качествѣ продуктовъ горѣнія, газообразныя соединенія съ кислородомъ воздуха; соли же остаются въ видѣ *золы*.

Самое горѣніе топлива представляетъ очень сложный процессъ. Водородъ топлива съ кислородомъ воздуха при горѣніи даетъ воду. Углеродъ при достаточномъ притокѣ воздуха даетъ углекислоту; но если воздуха будетъ мало, то накаленныя частички угля, не находя кислорода, будутъ вступать въ реакцію съ углекислотой, образуя окись углерода: $C + CO_2 = 2CO$. Такъ какъ при сгораніи углерода въ окись выдѣляется тепла втрое меньше, чѣмъ при сгораніи въ углекислоту, то горѣніе съ недостаточнымъ количествомъ воздуха невыгодно. Температура дымовыхъ газовъ, уходящихъ въ трубу, должна быть довольно высокой (около 300°), иначе не будетъ тяги; то тепло, которое уносятъ газы въ трубу, для насъ, очевидно, потеряно, и умепьшить эту потерю можно только уменьшивши количество газовъ, т.-е. уменьшивши избытокъ воздуха. Такимъ образомъ, при сжиганіи топлива желательно имѣть полное горѣніе при возможно маломъ избыткѣ воздуха.

При сжиганіи газовъ (водорода, окиси углерода, метана) этого легко достигнуть, такъ какъ здѣсь возможно очень совершенное перемѣшиваніе горючаго газа съ необходимымъ для горѣнія воздухомъ. При сжиганіи кусковъ твердаго топлива этого достигнуть гораздо труднѣе, такъ какъ горѣніе происходитъ только на поверхности кусковъ, гдѣ воздухъ соприкасается съ накаленнымъ углемъ; между кусками топлива всегда будетъ проскакивать воздухъ, не успѣвшій вступить въ реакцію. Затѣмъ наиболѣе распространенные сорта топлива (особенно это относится къ каменному углю) содержатъ различныя соединенія водорода съ углеродомъ; при задачѣ въ топку свѣжей порціи топлива, подъ вліяніемъ высокой температуры, идетъ разложеніе этихъ соединеній съ выдѣленіемъ летучихъ продуктовъ («сухая перегонка»,

см. газовое производство). Для полнаго сжиганія ихъ необходима высокая температура и избытокъ воздуха; такъ какъ при подкладываніи топлива приходится открывать дверцы, что вызываетъ охлажденіе топки, а сухая перегонка топлива тоже поглощаетъ тепло, то именно въ этотъ моментъ температура въ топкѣ будетъ ниже обыкновенной. Такимъ образомъ, условія для полнаго сжиганія продуктовъ сухой перегонки очень неблагопріятны. Поэтому часть ихъ сгораетъ очень несовершенно, при чемъ углеродъ выдѣляется въ видѣ сажи, и каждый разъ послѣ задачи топлива наблюдается выдѣленіе чернаго, содержащаго много сажи, дыма. Это влечетъ за собой, съ одной стороны, непроизводительную потерю топлива; съ другой, — такой дымъ очень непріятенъ и вреденъ для людей; поэтому существуетъ много системъ топокъ, гдѣ помощью особыхъ приспособленій стараются уничтожить этотъ недостатокъ.

Количество тепла, выдѣляющееся при полномъ сгораніи топлива, зависитъ только отъ состава топлива. Количество тепла измѣряютъ калоріями (см. Физику); число калорій, выдѣляющееся при горѣніи 1 кгр. топлива, называется его *теплопроизводительностью*, или *теплотворной способностью*.

Теплотворная способность топлива опредѣляетъ еще другое его характерное свойство, именно его *пирометрическій эффектъ*, или *жаропроизводительность*. *Жаропроизводительностью* называется та температура продуктовъ горѣнія топлива, которую мы получили бы, если бы сумѣли сжечь топливо съ теоретическимъ количествомъ (т.-е. безъ всякаго избытка) воздуха. Очевидно, этой температуры мы никогда въ дѣйствительности не достигаемъ; къ ней мы можемъ только приближаться и тѣмъ больше, чѣмъ съ меньшими потерями тепла и съ меньшимъ избыткомъ воздуха мы будемъ сжигать топливо. Знаніе жаропроизводительности очень важно; если, напримѣръ, наивысшая достижимая помощью даннаго топлива температура 1.200°, то мы не станемъ и пытаться примѣнять его для полученія температуры 1.500°.

Различные сорта топлива можно раздѣлить на три группы: *твердое, жидкое и газообразное.*

Твердое топливо представляетъ собой болѣе или менѣе измѣненныя ткани растеній; дрова, солома — это свѣжая растительная ткань; нефть, бурый каменный уголь и антрацитъ являются продуктами медленнаго измѣненія растеній; чѣмъ дальше подвинулся этотъ процессъ, тѣмъ больше данное топливо отличается по составу и свойствамъ отъ дерева. Это постепенное измѣненіе состава видно изъ слѣдующей таблички средняго состава топлива:

Процентное содержаніе.	Дерево.	Торфъ.	Бурый уголь.	Камен. уголь.	Антрацитъ.
Углерода.	50	60	70	82	94
Водорода.	6	6	5	5	3
Кислорода.	43	32	24	12	3
Азота.	1	2	1	1	—

Дрова. Главной составной частью древесины является *клѣтчатка*, $C_6H_{10}O_5$; она пропитана въ древесинѣ еще другими веществами (лигнитъ) съ большимъ содержаніемъ углерода; поэтому дерево содержитъ большій % углерода, чѣмъ клѣтчатка. Кромѣ того, въ деревѣ есть небольшое количество азота и солей, дающихъ при сжиганіи золу. Химическій составъ различныхъ древесныхъ породъ почти одинаковъ; тѣмъ не менѣе, есть болѣе и менѣе цѣнное топливо, что зависитъ отъ различной плотности древесныхъ породъ и отъ различнаго содержанія воды.

Содержаніе воды въ свѣжесрубленномъ деревѣ колеблется въ зависимости отъ времени года и породы дерева въ широкихъ предѣлахъ (отъ 18,6% для граба, до 51,8 для осины); обычно содержаніе воды 30 — 45%. Дерево, высохшее на воздухѣ, содержитъ 12 — 20%. Влага, вообще, очень нежелательна, такъ какъ сильно понижаетъ теплопроизводительность (см. выше); искусственное подсушиваніе воздушно-сухихъ дровъ имѣетъ смыслъ только въ томъ случаѣ, если подсушенныя дрова сейчасъ же идутъ въ печь, иначе они вновь притягиваютъ влагу до того же содержанія 12 — 20%.

Солома въ южной Россіи часто употребляется за недостаткомъ дровъ для отопленія жилищъ и для локомобилей при молотилкахъ. Недостатокъ соломы — очень большой объемъ и выдѣленіе большого количества искръ при горѣніи. По химическому составу она близка къ дереву; содержитъ больше золы (3—7%); влаги въ воздушно-сухой соломѣ 6 — 10%.

Торфъ (образованіе торфа см. статью «Горное дѣло») въ зависимости отъ условій образованія можетъ имѣть самыя разнообразныя свойства. Обыкновенно различаютъ: 1) *волокнистый, или дерновый*, торфъ — переплетенные остатки растеній, промежутки между которыми заполнены безформеннымъ торфянымъ веществомъ. Его добываютъ изъ торфяниковъ вырѣзываніемъ. 2) *Болотный или землистый* торфъ — илъ, образовавшійся изъ торфа, темнаго,

часто чернаго цвѣта; его добываютъ черпаками, формуютъ и сушатъ. Высушенный довольно однороденъ, хорошо горитъ. 3) *Смолистый* торфъ — черно-бурая или черная масса, однородная и довольно плотная, безъ слѣда организованныхъ веществъ. Встрѣчается довольно рѣдко; его разсматриваютъ какъ переходъ къ бурому углю. При горѣніи даетъ сильный жаръ.

Добытый тѣмъ или инымъ способомъ торфъ не представляетъ еще топлива: это волокнистая или иловатая масса, содержащая до 90% воды. Для полученія торфянаго топлива его подвергаютъ дальнѣйшей обработкѣ, машинной или ручной, сводящейся къ тщательному измельченію волоконъ, перемѣшиванію для полученія однородной массы, формовкѣ въ кирпичи и высушиванію. Сушка производится на воздухѣ подъ навѣсомъ, длится обычно не менѣе двухъ мѣсяцевъ; при этомъ объемъ торфа уменьшается на 60 — 80%. Послѣ высушиванія на воздухѣ торфъ содержитъ 20 — 30% воды; примѣняя затѣмъ искусственное высушиваніе, можно получить торфъ съ 10 — 15%; сильнѣе высушивать нѣтъ смысла, такъ какъ торфъ вновь поглощаетъ влагу. Что касается химическаго состава, то торфъ безъ воды и золы состоитъ: углерода отъ 47 до 64%, водорода отъ 3,5 до 7,5%, кислорода и азота отъ 27 до 55%, золы (0,5 — 50%); торфъ съ содержаніемъ золы больше 25% не примѣняется, какъ топливо.

Ископаемые угли, представляющіе дальнѣйшій продуктъ измѣненія растительнаго вещества, дѣлятся на 3 группы: *бурые угли*, *каменные угли* и *антрациты*. Бурые угли отличаются значительнымъ содержаніемъ кислорода и азота, а нѣкоторые и ясно выраженнымъ растительнымъ строеніемъ; при сжиганіи на воздухѣ и при сушкѣ бурые угли часто распадаются на мелкіе куски; при сухой перегонкѣ выдѣляютъ много летучихъ веществъ и даютъ обычно неспекающійся остатокъ (коксъ). Въ среднемъ можно принять, что 100 частей бураго угля даютъ 42 части летучихъ веществъ, 48 кокса и 10 золы. Составъ бурыхъ углей слѣдующій: углерода отъ 53 до 92%, водорода отъ 3,5 до 10,5%, кислорода отъ 3,5 до 40%.

Свойства *каменныхъ углей*, зависящія, главнымъ образомъ, отъ ихъ химическаго состава, весьма различны. Къ такимъ свойствамъ принадлежитъ способность давать большее или меньшее количество летучихъ веществъ при перегонкѣ и давать при горѣніи большее или меньшее пламя; способность болѣе или менѣе спекаться при накаливаніи; остающійся послѣ выдѣленія летучихъ веществъ остатокъ, *коксъ*, можетъ быть болѣе или менѣе плотнымъ и крѣпкимъ или легко разламывающимся и т. д.

Грюнеръ предложилъ слѣдующую классификацію каменныхъ углей:

I классъ. Сухіе пламенные угли — они по составу и свойствамъ близки къ бурымъ; они *сухіе*, т.-е. неспекающіеся, вслѣдствіе большого содержанія кислорода. Горятъ длиннымъ пламенемъ, пригодны для отражательныхъ печей и для котловъ.

II классъ. Жирные пламенные угли, или *газовые*. Горятъ длиннымъ пламенемъ, но при этомъ спекаются, почему и называются *жирными*. При сухой перегонкѣ даютъ газа меньше, чѣмъ угли предыдущаго класса, но газъ лучшаго качества; примѣняются для полученія свѣтильнаго газа и для отражательныхъ печей. Для полученія кокса мало пригодны, такъ какъ даютъ хрупкій коксъ.

III классъ. Жирные кузнечные угли. Горятъ длиннымъ блестящимъ пламенемъ, сильно размягчаются и сливаются въ одну плотную массу; поэтому особенно пригодны для кузнечнаго дѣла, такъ какъ, сливаясь вмѣстѣ, куски угля образуютъ какъ бы сводъ надъ нагрѣваемымъ въ кузнечномъ горну предметомъ.

IV классъ. Жирные короткопламенные, или *коксовые угли*. Горятъ короткимъ пламенемъ, спекаются, давая плотный и твердый коксъ; поэтому особенно пригодны для полученія кокса для металлургическихъ цѣлей.

V классъ. Тощіе, или *полуантрацитовые, угли* составляютъ переходъ къ антрацитамъ. Трудно загораются, горятъ почти безъ дыма; коксъ не спекающійся. Пригодны для шахтныхъ печей.

Антрациты — это каменные угли самаго древняго происхожденія, состоящіе почти изъ одного углерода. Удѣльный вѣсъ 1,52; не спекаются, трудно загораются и горятъ безъ свѣтящагося пламени.

Теплопроизводительность углей весьма различна; у сухихъ она не велика (вслѣдствіе большого содержанія кислорода)—около 7.000—7.500 калорій, считая на сухой уголь безъ золы; затѣмъ возрастаетъ въ слѣдующихъ классахъ, доходя иногда до 9.000, и снова падаетъ для антрацитовъ (такъ какъ они содержатъ мало водорода, а теплопроизводительность чистаго углерода всего только 8.137 калорій).

Искусственное твердое топливо. Къ этому роду топлива относятся древесный уголь, коксъ и брикеты. *Коксомъ* называется твердый остатокъ отъ сухой перегонки угля, т.-е. накаливанія его безъ доступа воздуха. Нѣкоторые угли при накаливаніи размягчаются, какъ бы плавятся, и спаиваются въ большіе

куски; затѣмъ смолоподобныя вещества, которыя вызвали своимъ плавленіемъ это слеганіе, разлагаются отъ жара, водородъ и кислородъ улетучиваются, въ видѣ различныхъ соединеній съ углеродомъ, а твердый остатокъ тѣмъ ближе по составу подходитъ къ чистому углероду, чѣмъ выше была температура. Коксъ получается въ спеціальныхъ коксовальныхъ печахъ, въ которыхъ устраиваются камеры, гдѣ и происходитъ сухая перегонка каменнаго угля; газы изъ камеръ выходятъ черезъ щели въ стѣнкахъ въ окружающіе камеры каналы, гдѣ встрѣчаютъ воздухъ и въ немъ горятъ, продукты горѣнія выходятъ въ трубу; такимъ образомъ камеры нагрѣваются газами, выдѣляющимися изъ нагрѣваемаго угля.

Древесный уголь получается при сухой перегонкѣ дерева, подобно тому, какъ коксъ получается при сухой перегонкѣ каменнаго угля. Древесный уголь можетъ являться побочнымъ продуктомъ, если перегонка ведется въ закрытыхъ котлахъ для полученія цѣнныхъ продуктовъ — древеснаго спирта и уксусной кислоты (см. сухую перегонку дерева). Чаще главнымъ (и единственнымъ) продуктомъ является самъ уголь; тогда углежженіе ведутъ въ кучахъ или кострахъ, безъ особыхъ приборовъ, при чемъ продукты сухой перегонки и часть самого угля сгораетъ.

Брикетами называется искусственное топливо въ видѣ кусковъ правильной, опредѣленной формы, полученныхъ посредствомъ прессованія мелкаго порошкообразнаго топлива съ какими-нибудь цементирующими веществами, обычно каменноугольной смолой. Брикеты готовятся изъ дерева, бураго угля, каменноугольной мелочи и т. д.; качество брикетовъ зависитъ отъ качества примѣшаннаго матеріала.

Жидкое топливо. Какъ топливо, изъ горючихъ жидкостей примѣняются въ значительныхъ количествахъ только нефть и нефтяные остатки, или мазутъ (см. перегонку нефти). Этотъ сортъ топлива имѣетъ большое значеніе въ Россіи и въ Америкѣ — двухъ странахъ, гдѣ добывается нефть. Составъ нефтяныхъ остатковъ, слѣдующій: углерода 86,0%, водорода 12,0%, азота 0,05%, кислорода 1,65%, золы, влаги и сѣры вмѣстѣ 0,30%; теплотворная способность 9.870 калорій.

Какъ топливо, нефтяные остатки имѣютъ много преимуществъ передъ угломъ; теплопроизводительность ихъ гораздо больше; золу, влагу и сѣру содержатъ въ ничтожныхъ количествахъ. Къ числу недостатковъ надо отнести опасность въ пожарномъ отношеніи. Для жидкаго топлива приходится примѣнять своеобразные методы сжиганія: не описывая деталей, укажемъ только, что

здѣсь примѣняютъ два пріема: либо сжигаютъ струи текущей нефти (горѣлки Девилля, топка Нобеля, Баскакова), либо превращаютъ нефть въ облако мелкой пыли, для чего нефть пульверизуется струей пара въ особомъ приборѣ — *форсункѣ*. При примѣненіи форсунокъ сжиганіе нефти представляетъ тѣ же выгоды, какъ сжиганіе газообразнаго топлива; поэтому для нефти всюду, гдѣ это возможно, примѣняются форсунки.

Газообразное топливо — природное имѣетъ очень малое значеніе. Горючіе газы выдѣляются изъ земли близъ мѣсторожденій нефти; у насъ на Кавказѣ газа выдѣляется очень мало; въ Америкѣ больше, и тамъ его примѣняютъ для техническихъ цѣлей.

Гораздо большее значеніе имѣютъ *искусственные горючіе газы*. Свѣтильный газъ, получающійся при сухой перегонкѣ угля, примѣняется для цѣлей нагрѣванія только въ рѣдкихъ случаяхъ и въ небольшихъ количествахъ, такъ какъ онъ слишкомъ дорогъ. Зато въ огромныхъ количествахъ примѣняются *генераторные* газы: воздушный, водяной и смѣшанный.

Воздушный генераторный газъ получается при горѣніи топлива съ недостаточнымъ количествомъ воздуха. Въ этомъ случаѣ только часть топлива, непосредственно лежащая на колосниковой рѣшеткѣ, находитъ достаточно воздуха для сгоранія въ углекислоту и воду; въ верхнихъ же слояхъ топлива накаленный углеродъ, не находя кислорода, реагируетъ съ поступающей снизу углекислотой и водой, при чемъ идутъ слѣдующія реакціи: 1) углеродъ разлагаетъ углекислоту и даетъ окись углерода $(C + CO_2 = CO)$; 2) углеродъ разлагаетъ воду съ образованіемъ окиси углерода и водорода или углекислоты и водорода $(C + H_2O = CO + H_2)$; 3) $(C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2)$, при этомъ 2-я реакція идетъ при болѣе высокой, 3-я — при болѣе низкой температурѣ.

Такимъ образомъ полученные при неполномъ горѣніи топлива газы будутъ состоять изъ окиси углерода, водорода, большихъ или меньшихъ, въ зависимости отъ температуры, количествъ углекислоты, изъ продуктовъ сухой перегонки и азота. При полученіи генераторнаго газа тратится, разумѣется, часть тепла, которое можетъ дать при полномъ горѣніи топливо, такъ что теплотворная способность генераторнаго газа всегда будетъ меньше таковой же способности того количества угля, изъ котораго газъ полученъ; тѣмъ не менѣе, примѣненіе газовыхъ топокъ является выгоднымъ. Причины этого слѣдующія: во-первыхъ, составъ газа и его теплопроизводительность сравнительно мало зависятъ отъ сорта топлива; отъ топлива зависитъ, главнымъ образомъ,

количество газа, какъ видно изъ слѣдующей таблички средняго состава газа.

	Дерево.	Торфъ.	Бурый уголь.	Кам. уг.	Коксъ.	Древ. уголь.
Азота	54	63	60	63	69	65
Окиси углерода	28	22	29	24	26	34
Углекислоты	17	14	5	5	4	·1
Водорода	1	1	6	8	1	—
Выходъ изъ 1 килогр. топл.	2.2	2.8	3.4	4,5	6,5	6,5

Благодаря указанному сходству состава газа, мы, сжигая даже очень малоцѣнное топливо, можемъ получить газъ съ большой тепло- и паропроизводительностью, и, слѣдовательно, примѣнять его для полученія такихъ температуръ, которыхъ мы никакъ не могли бы достигнуть, сжигая непосредственно наше топливо. Другая выгода работы съ газомъ — это легкость регулированія необходимаго для горѣнія количества воздуха; слѣдовательно, возможность достигнуть бездымнаго горѣнія съ небольшимъ избыткомъ воздуха.

Затѣмъ, то количество тепла, которое выдѣляется при полученіи генераторнаго газа, обычно не потеряно — оно идетъ на нагрѣваніе генераторнаго газа; тепло это теряется въ томъ случаѣ, когда разстояніе между генераторомъ и печью для сжиганія газа очень велико, такъ что газы успѣваютъ охладиться. Въ такихъ случаяхъ является выгоднымъ повысить теплотворную способность газа на счетъ пониженія его температуры. Этого достигаютъ, впуская въ генераторъ пары воды, которые, *проходя сквозь слой накаленнаго топлива* вступаютъ въ реакцію съ углеродомъ, образуя водородъ и окись углерода или углекислоту, при чемъ *тепло поглощается* — оно заимствуется отъ собственнаго тепла газовъ; при сгораніи же въ печи тепло это вновь выдѣлится; такимъ образомъ мы перенесемъ его изъ генератора въ печь въ скрытомъ состояніи.

Увеличивая, насколько возможно, количество водяныхъ паровъ, будемъ получать газъ все болѣе холодный, но зато съ большей теплопроизводительностью. Такой газъ называется *смѣшаннымъ* или *Доусоновскимъ;* онъ получается въ спеціальныхъ генераторахъ и примѣняется для газомоторовъ.

Наконецъ, вмѣсто того, чтобы впускать одновременно воздухъ и пары воды, можно дѣлать это по очереди: пропуская паръ («хо-

лодное дутье») черезъ слой накаленнаго топлива получимъ водородъ, окись углерода и углекислоту, но вслѣдствіе поглощенія тепла топливо будетъ охлаждаться — и необходимо будетъ, прекративъ впускъ газа, начать снова вдувать воздухъ («горячее дутье»). Газъ, получаемый при холодномъ дутьѣ, собираютъ отдѣльно и называютъ *водянымъ газомъ*. Онъ почти нацѣло состоитъ изъ горючихъ газовъ, поэтому обладаетъ большой теплопроизводительностью, но обходится дорого, почему примѣненіе его очень ограничено; онъ, послѣ карбурированія, т.-е. насыщенія парами тяжелыхъ углеводородовъ, служитъ, главнымъ образомъ, для замѣны свѣтильнаго газа.

Почти всѣ описанные виды топлива представляютъ болѣе или менѣе измѣненное вещество растеній, образовавшееся изъ воды и углекислоты воздуха при дѣйствіи солнечныхъ лучей. Сжигая въ нашихъ печахъ топливо, мы освобождаемъ эту собранную и связанную растеніемъ солнечную энергію. Пока мы жжемъ столько дерева, сколько его успѣваетъ вновь вырости за то же время, мы можемъ не думать о будущемъ; но мы сожигаемъ не только дрова и торфъ вновь нарастающіе, но главнымъ образомъ, каменный уголь, т.-е. остатки растеній, существовавшихъ задолго до насъ и когда-то очень давно скопившихъ для насъ въ формѣ угля запасъ энергіи; такъ какъ запасъ этотъ расходуется и не пополняется, то онъ долженъ, въ концѣ-концовъ, изсякнуть, какъ бы великъ онъ ни былъ. По приблизительному подсчету запасы угля въ Европѣ и Сѣверо-Американскихъ Штатахъ должны истощиться черезъ 500—1000 лѣтъ. Если бы истощеніе запаса топлива наступило сейчасъ, то это было бы такимъ бѣдствіемъ, всѣ размѣры котораго трудно представить; но разъ этотъ моментъ наступитъ черезъ сотни лѣтъ, то можно надѣяться, что до тѣхъ поръ люди научатся использовывать непосредственно солнечную энергію, напр., тѣ огромныя количества энергіи, которыя въ настоящій моментъ пропадаютъ безъ пользы въ пустыняхъ, гдѣ солнце накаливаетъ совершенно безплодный песокъ.

Попытки такой утилизаціи солнечнаго тепла уже производились; напр., собирая солнечные лучи посредствомъ огромнаго вогнутаго зеркала (см. «Физику», т. I), можно привести въ кипѣніе воду въ паровомъ котлѣ, помѣщенномъ въ фокусѣ зеркала, но пока всѣ такіе опыты никакого практическаго значенія не имѣютъ. Условія техники направлены теперь на то, чтобы научиться возможно экономнѣе расходовать тѣ запасы солнечной энергіи, которые находятся въ нашихъ рукахъ въ удобной формѣ — въ формѣ топлива.

3. Стекло.

Стекло всѣмъ извѣстно — это прозрачное, хрупкое, похожее на камень вещество, изъ котораго дѣлаютъ посуду и которое въ видѣ тонкихъ листовъ вставляется въ окно. Хорошее стекло должно быть безцвѣтно, прозрачно, вполнѣ однородно, безъ пузырьковъ и песчинокъ; должно хорошо противостоять атмосфернымъ вліяніямъ; посудное стекло не должно трескаться при внезапныхъ измѣненіяхъ температуры. Таковы обычныя требованія, предъявляемыя къ стеклу.

Кромѣ этихъ свойствъ, обусловленныхъ примѣненіемъ стекла, есть еще свойства, вызванныя условіями его производства. Такъ какъ стеклянныя издѣлія приготовляются сплавленіемъ различныхъ составныхъ частей и выдуваніемъ или прессованіемъ получаемой полужидкой вязкой массы (см. ниже), то стекло должно плавиться при невысокой, сравнительно, температурѣ и не сразу переходить при охлажденіи въ твердое тѣло, подобно, напр., превращенію воды въ ледъ; стекло должно при извѣстной температурѣ становиться вязкимъ, тягучимъ. Всѣми необходимыми при примѣненіи стекла свойствами въ высокой степени обладаетъ послѣ сплавленія кремнеземъ, встрѣчающійся въ природѣ въ очень чистомъ состояніи въ видѣ горнаго хрусталя и кварца и, различной степени чистоты, въ видѣ песка.

Но кремнеземъ — тѣло очень тугоплавкое (плавится при температурѣ около 1.850° Ц.), поэтому только въ самое послѣднее время научились сплавлять его и выдѣлывать изъ него мелкую посуду. Колбочку изъ сплавленнаго горнаго хрусталя можно накаливать докрасна и затѣмъ налить въ нее воды безъ опасенія, что она лопнетъ, — но пока такая посуда стоитъ очень дорого и примѣняется только для научныхъ цѣлей.

Прибавляя къ кремнезему щелочи (въ видѣ соды или поташа), получимъ легкоплавкое стекло, но такое стекло будетъ растворяться въ водѣ. Это, такъ называемое, *Фуксово* или *растворимое стекло,* которое примѣняютъ въ техникѣ при производствѣ нѣкоторыхъ искусственныхъ камней, для пропитыванія дерева и тканей съ цѣлью сдѣлать ихъ несгораемыми.

Стекло, обладающее всѣми необходимыми качествами, получится, если, кромѣ щелочей, прибавить къ кремнезему еще извести. Вмѣстѣ съ этими необходимыми составными частями (т.-е. кремнеземомъ, щелочами и известью), стекло содержитъ, по большей части, еще глиноземъ, окись желѣза, иногда немного магнезіи; далѣе существуютъ сорта стекла, гдѣ вся или часть извести замѣняется окисью свинца; стекло такого состава обла-

даетъ большимъ коэффиціентомъ преломленія свѣта (см. физику) и примѣняется для выдѣлки оптическихъ стеколъ и нѣкоторыхъ сортовъ столовой посуды («англійскій хрусталь»).

Такимъ образомъ, составъ стекла чрезвычайно разнообразенъ, и трудно дать какую-нибудь общую формулу для хорошихъ стеколъ; приблизительно можно считать, что хорошее стекло должно быть близко по составу къ соединенію $Na_2O_2CaO6SiO_2$, при чемъ окись натрія можетъ быть замѣнена эквивалентнымъ количествомъ окиси калія, такъ же какъ известь — окисью свинца. Обычно получаемое въ техникѣ стекло нѣсколько уклоняется отъ этого состава, для полученія хорошаго стекла необходимо, чтобы при увеличеніи количества щелочи (при томъ же количествѣ извести), увеличивалось и содержаніе кремнекислоты, и наоборотъ. Если же стекло содержитъ много глинозема, то приведенная выше формула непримѣнима; стекло должно тогда содержать меньше кремнекислоты.

Чѣмъ выше изготовляемый сортъ стекла, тѣмъ, разумѣется, чище должны быть примѣняющіеся матеріалы. Одной изъ самыхъ вредныхъ примѣсей является закись желѣза, окрашивающая стекло въ зеленоватый цвѣтъ; поэтому стекло со значительнымъ содержаніемъ желѣза примѣнимо только для бутылокъ. При небольшомъ количествѣ желѣза можно обезцвѣтить стекло, прибавляя къ сплавленной массѣ селитры, мышьяковистаго ангидрида, перекиси марганца, окисляющихъ закись желѣза въ окись, которая придаетъ стеклу менѣе замѣтную желтоватую окраску.

Кремнеземъ примѣняется для стекла въ видѣ кварца, кремнія и песка; кварцъ или кремень накаливается въ особыхъ печахъ докрасна и затѣмъ бросается въ холодную воду; при этомъ онъ растрескивается и тогда легче измалывается въ порошокъ. Песокъ удобенъ тѣмъ, что не требуетъ измельченія; но вполнѣ чистый кварцевый песокъ встрѣчается рѣдко, поэтому его цѣнятъ очень высоко и часто привозятъ на заводъ издалека.

Щелочи примѣняются въ видѣ соды и поташа; вмѣсто соды примѣняютъ также болѣе дешевую сѣрно-натровую соль; тогда въ массу прибавляютъ еще уголь; при накаливаніи уголь возстановляетъ сѣрно-натровую соль въ сѣрнисто-натровую, которая легче реагируетъ съ кремнекислотой.

Известь вводится въ смѣсь въ видѣ известняка или гашеной извести. Увеличеніе содержанія извести дѣлаетъ стекло болѣе прочнымъ относительно атмосферныхъ вліяній и колебаній температуры.

Окислы свинца вводятся въ видѣ глета или сурика, рѣже въ видѣ бѣлилъ; свинцовыя стекла отличаются сильнымъ лучепре-

ломленіемъ, мягкостью, легкоплавкостью, безцвѣтностью, сильнымъ блескомъ, большимъ удѣльнымъ вѣсомъ.

Измельченные матеріалы въ требуемой пропорціи смѣшиваются и загружаются въ стеклоплавильные горшки. Горшки эти приготовляются на самомъ заводѣ изъ смѣси огнеупорной глины съ шамоттой; они формуются отъ руки или въ деревянныхъ формахъ; затѣмъ сохнутъ при постоянномъ повышеніи температуры до 40 градусовъ около 4 мѣсяцевъ и потомъ обжигаются. Свѣжеобожженный горячій горшокъ ставится въ накаленную стеклоплавильную печь и загружается черезъ особое отверстіе въ стѣнкѣ печи приготовленной для стекла смѣсью — «составомъ». Составъ засыпаютъ небольшими порціями, иначе горшокъ отъ внезапнаго охлажденія можетъ лопнуть.

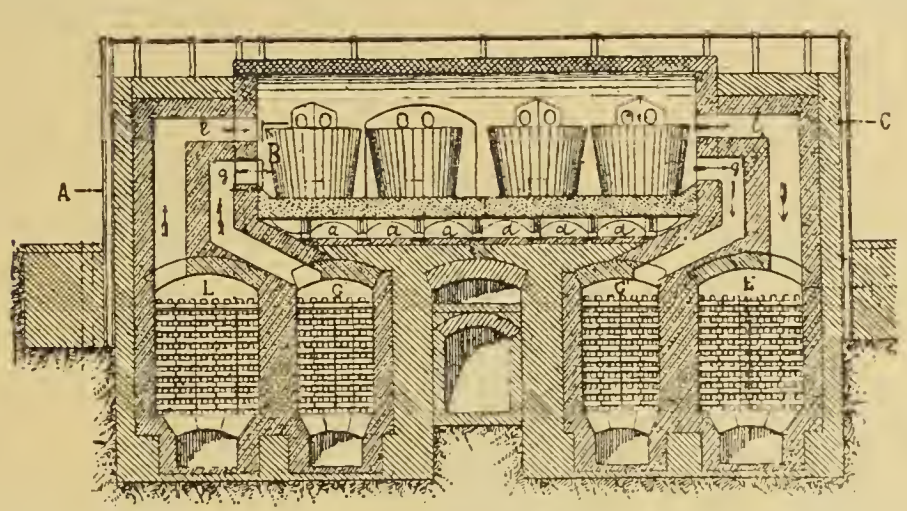
Температура плавленія готоваго стекла около 900 — 1.000 градусовъ; для сплавленія же внесеннаго въ горшки состава приходится поддерживать въ печи еще большій жаръ; поэтому наиболѣе удобнымъ топливомъ для стекловарныхъ печей является генераторный газъ (см. «топливо»), хотя на многихъ заводахъ примѣняются еще и простыя топки. Изъ существующихъ системъ печей мы опишемъ только газовую печь Сименса.

При газовомъ отопленіи сжигаютъ горячій генераторный газъ съ горячимъ воздухомъ. Для нагрѣванія газа и воздуха устроены 4 камеры, наполненныя сложеннымъ въ клѣтку кирпичомъ — это такъ называемые *регенераторы* (см. черт. 191). Газъ изъ генератора и воздухъ поступаетъ соотвѣтственно въ заранѣе накаленную пару регенераторовъ, отсюда въ печь по каналамъ и въ печи сгораютъ, нагрѣвая стеклоплавильные горшки. Затѣмъ горячіе дымовые газы по дорогѣ въ трубу проходятъ черезъ вторую пару регенераторовъ и нагрѣваютъ ихъ. Черезъ нѣкоторое время, когда первыя камеры охладятся, перекрываютъ клапаны на трубахъ, ведущихъ генераторный газъ, и воздухъ поступаетъ въ накаленныя вторыя камеры, а дымовые газы изъ печи нагрѣваютъ первую пару.

Послѣ загрузки состава въ горшки, жаръ въ печи доводятъ постепенно до бѣлаго каленія; составъ въ горшкахъ понемногу сплавляется, затѣмъ образовавшееся стекло разжижается вслѣдствіе высокой температуры и начинаетъ какъ бы кипѣть отъ выдѣляющихся пузырьковъ газовъ; это такъ называемый *проваръ* стекла. Здѣсь очень важно, чтобы масса хорошо перемѣшалась, иначе она будетъ имѣть въ различныхъ частяхъ горшка различный составъ, и стекло получится неоднороднымъ. Для лучшаго перемѣшиванія въ массу иногда опускаютъ на длинной желѣзной палкѣ кусокъ сырого дерева или картофелину,

или вводятъ въ особой ложкѣ воду — и образовавшіеся пары или газы перемѣшиваютъ массу. Въ настоящее время для той же цѣли стали продувать черезъ массу кислородъ; такимъ образомъ, кромѣ размѣшиванія, достигается еще окисленіе закиси желѣза. Выдѣляющіеся при проварѣ стекла пузырьки газовъ выносятъ на поверхность частички, невошедшія въ сплавъ, и на поверхности расплавленнаго стекла получается слой «пѣны».

Когда стекло достаточно проварится, понижаютъ температуру печи, чтобы стеклянная масса стала достаточно густой и вязкой, снимаютъ пѣну (хальмозъ) и приступаютъ къ *выработкѣ*



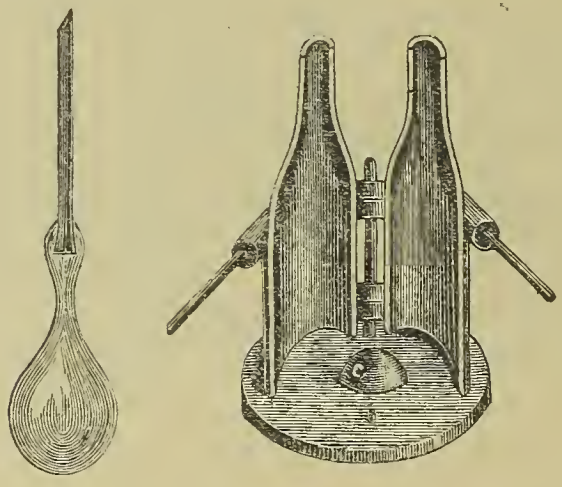
Черт. 191. Газовая печь Сименса. *L* и *G*, *L'* и *G'* — двѣ пары регенераторовъ; *B* — стеклоплавильные горшки.

стекла, т.-е. къ полученію изъ сплавленной массы стеклянныхъ издѣлій.

Выработка производится посредствомъ *выдуванія*, съ помощью формъ или безъ нихъ. Мы опишемъ выдѣлку бутылокъ и листового стекла.

Выдуваютъ стекло посредствомъ желѣзныхъ трубокъ 1—1½ метра длиной. Конецъ трубки, которымъ набираютъ стекло, слегка расширенъ; другой конецъ покрытъ деревомъ почти на $^1/_3$ длины трубки, чтобы можно было ее держать въ рукахъ. Конецъ трубки нагрѣваютъ въ печи, погружаютъ въ массу и, вращая, вынимаютъ изъ горшка; стекло прилипаетъ комомъ неправильной формы. Вращая трубку, даютъ стеклу нѣсколько остыть, сдвигаютъ комъ къ самому концу трубки посредствомъ желѣзной вилочки («фулязки») и затѣмъ, слегка вдувая ртомъ воздухъ, вращаютъ комъ стекла въ «долокѣ» — углубленіи, сдѣланномъ въ кускѣ дерева; такимъ образомъ получается правильный толстостѣнный пузырь — такъ называемая «баночка».

Дальнѣйшая работа зависитъ оттого, какой предметъ желательно изготовить. При выдѣлкѣ бутылокъ стеклодувъ, помахивая трубкой и вдувая воздухъ, растягиваетъ и раздуваетъ баночку и получаетъ такъ называемую «пульку» (см. черт. 192); затѣмъ пулька вставляется въ чугунную или мѣдную форму, которую закрываетъ подручный; при сильномъ вдуваніи воздуха стеклянный пузырь раздувается и стѣнки его плотно прилегаютъ къ стѣнкамъ формы. Форму раскрываютъ и вынимаютъ готовую бутылку; остается только отдѣлить бутылку отъ трубки и закончить горлышко. Для этого дно бутылки вкладываютъ въ «хватокъ» (см. черт. 193), дотрагиваются смоченной водою лопаточкой къ горлышку — стекло даетъ трещину въ мѣстѣ при-



Черт. 192. Пулька и форма для бутылокъ.

Черт. 193. Хватокъ.

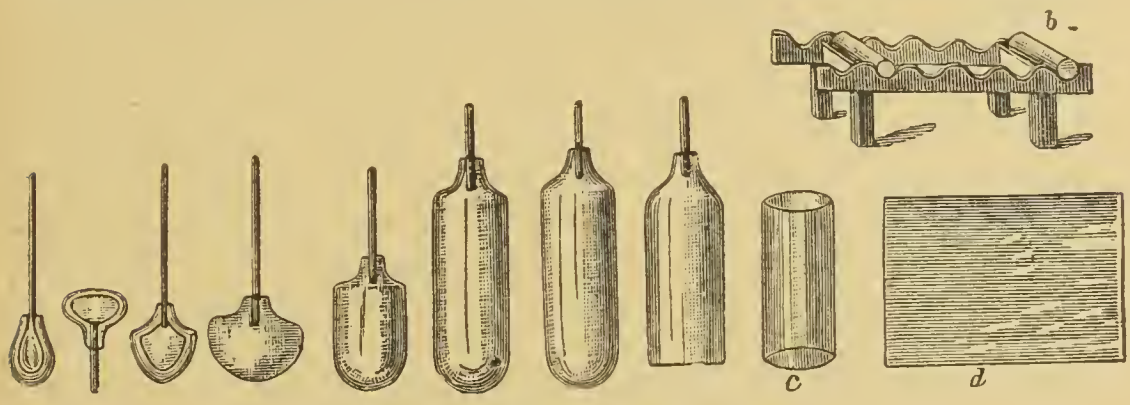
косновенія; ударяя той же лопаткой, мастеръ отдѣляетъ бутылку, затѣмъ оплавляетъ неровный край горлышка въ печи и, взявши на желѣзную палочку немного стекла, приклеиваетъ его къ горлышку, и, растягивая стекло, обводитъ его кругомъ горлышка — получается утолщеніе, «рантикъ» или «вѣнчикъ».

Готовая бутылка относится затѣмъ въ особую печь — «каленицу» — для «закаливанія», т.-е. для медленнаго, постепеннаго охлажденія; такое закаливаніе необходимо для всѣхъ стеклянныхъ издѣлій, такъ какъ при быстромъ охлажденіи стекло можетъ треснуть.

При выдѣлкѣ листового стекла на трубку набираютъ въ нѣсколько пріемовъ 25—45 фунтовъ массы и, вдувая воздухъ и раскачивая трубкой съ выдутымъ пузыремъ (пузырь при этомъ растягивается отъ собственной тяжести), приготовляютъ такъ называемую «халяву» (см. черт. 194). Закрывъ отверстіе трубки пальцемъ, мастеръ нагрѣваетъ дно халявы; стекло размягчается

въ этомъ мѣстѣ и расширившійся при нагрѣваніи воздухъ прорываетъ дно. Края отверстія обрѣзываются ножницами, затѣмъ мастеръ нагрѣваетъ низъ цилиндра и быстро вращаетъ его, пока края отверстія не выравняются. Халяву отдѣляютъ отъ трубки, дотрогиваясь мокрымъ желѣзкомъ; затѣмъ откладываютъ верхнюю суженную часть халявы, нагрѣвая ее по линіи будущаго разрѣза раскаленнымъ желѣзомъ и капая водой; полученный открытый съ обоихъ концовъ цилиндръ разрѣзывается вдоль такимъ же способомъ или же алмазомъ. Разрѣзанный цилиндръ затѣмъ нагрѣвается въ особой печи до размягченія и разравнивается на подѣ печи («разводной лавѣ») въ плоскій листъ.

Кромѣ выдувки, для полученія толстаго листового стекла — именно зеркальнаго, примѣняютъ литье; горшокъ съ расплавленной массой выносятъ изъ печи посредствомъ особыхъ при-



Черт. 194. Приготовленіе листового стекла.

способленій и выливаютъ на чугунный столъ съ закраинами извѣстной высоты (равной желаемой толщинѣ стекла). Затѣмъ тяжелый стальной валъ прокатывается по стеклу, разравнивая его, подобно раскатыванію тѣста. Столъ для отливки зеркалъ ставится передъ самымъ отверстіемъ калеиицы, и отлитой листъ сейчасъ же идетъ въ печь для закаливанія.

Такъ какъ поверхность стекла получается не гладкой, то зеркальное стекло затѣмъ шлифуется посредствомъ особыхъ машинъ пескомъ и наждакомъ и полируется окисью желѣза.

Нѣкоторые предметы готовятся изъ стекла *прессованіемъ* въ формахъ; поверхность такого стекла не можетъ быть такой блестящей и гладкой, какъ поверхность выдутаго стекла; поэтому поверхность тисненаго стекла обычно украшаютъ разными узорами. Цвѣтное стекло получается при прибавкѣ въ массу различныхъ металлическихъ окисловъ. Такъ, синій цвѣтъ получается отъ прибавки окиси кобальта; закись желѣза, окись мѣди, окись хрома — даютъ зеленые цвѣта; закись мѣди — красное стекло.

Золото, мѣдь и серебро способны растворяться въ стеклѣ, и выдѣляются при застываніи стекла въ видѣ мельчайшихъ блёстокъ; такое стекло является окрашеннымъ при золотѣ и мѣди въ красный, при серебрѣ въ желтый цвѣтъ. Наконецъ бѣлое, непрозрачное стекло получается отъ окиси олова, отъ фосфорнокислой извести и отъ большихъ количествъ глинозема.

4. Керамика.

(Кирпичъ, черепица, каменная посуда, фаянсъ и фарфоръ).

Глина распространена повсюду и люди издавна стали пользоваться ею для своихъ цѣлей. Раскопки въ различныхъ странахъ показываютъ, что человѣкъ очень рано научился изготовлять изъ глины *посуду*. Гораздо позже, хотя тоже очень давно, стали примѣнять глину для изготовленія *строительныхъ матеріаловъ* — кирпича и черепицы; въ настоящее время число различныхъ издѣлій изъ глины очень велико, отъ самыхъ простыхъ и дешевыхъ, каковы, напр., кирпичъ и простые горшки, до самыхъ дорогихъ — художественныхъ фарфоровыхъ издѣлій. Это разнообразіе издѣлій отвѣчаетъ разнообразію исходнаго матеріала — глины. Глина не есть вещество опредѣленнаго состава, какъ, напр., известнякъ; обычная глина — это болѣе или менѣе тѣсная смѣсь собственно глинистаго вещества, или *каолина* (составъ котораго выражается формулой $Al_2O_3 2SiO_2 2H_2O$) съ полевымъ шпатомъ, пескомъ, углекислой известью, окисью желѣза и т. д. При такомъ разнообразіи состава не удивительно, что и свойства глинъ весьма разнообразны.

Примѣненіе глины для изготовленія различныхъ издѣлій основано на томъ, что глина, впитавши извѣстное количество воды, превращается въ тѣсто, обладающее *пластичностью*, т.-е. свойствомъ сохранять ту форму, которую мы ему придадимъ. При медленномъ *высушиваніи* такого сформованнаго изъ глины издѣлія получается предметъ, обладающій очень малой прочностью; кромѣ того, такая высохшая глина съ водой снова размокаетъ. Поэтому только при изготовленіи, такъ называемаго, *сырца*-кирпича, примѣняющагося для самыхъ простыхъ построекъ въ сухомъ климатѣ, довольствуются высушиваніемъ сформованнаго издѣлія; во всѣхъ остальныхъ случаяхъ за высушиваніемъ слѣдуетъ *обжигъ*.

При обжигѣ прежде всего происходитъ выдѣленіе гигроскопической воды, т.-е. окончательное высушиваніе глины, затѣмъ при 200 — 400 градусахъ выдѣляется вся химически-свя-

занная, гидратная (см. химію) вода, и глина превращается при дальнѣйшемъ нагрѣваніи въ камнеподобное вещество, которое уже не способно размокать съ водою, хотя и впитываетъ ее очень жадно, благодаря своей *пористости*. Такая пористость является цѣннымъ качествомъ для кирпича, служащаго для постройки жилыхъ помѣщеній, такъ какъ она позволяетъ наружному воздуху проникать сквозь стѣны и способствуетъ, такимъ образомъ, вентиляціи. При выдѣлкѣ посуды пористость глинянаго черепка, наоборотъ, вредна, такъ какъ налитая жидкость будетъ просачиваться сквозь стѣнки; поэтому глиняную посуду обычно покрываютъ различными *глазурями*, т.-е. легкоплавкими составами, которые при температурѣ обжига сплавляются и залѣпляютъ поры въ глиняномъ черепкѣ.

Другой способъ уменьшить пористость — это повысить температуру обжига; чѣмъ она выше, тѣмъ тверже становится глина, затѣмъ при извѣстной температурѣ она начинаетъ спекаться, теряетъ пористость и, наконецъ, при дальнѣйшемъ нагрѣваніи размягчается и плавится. Въ зависимости отъ желаемыхъ свойствъ издѣлія (бо̀льшая или меньшая прочность и пористость), а также отъ свойствъ глины (бо̀льшая или меньшая плавкость) измѣняется и температура обжига.

Что касается плавкости глинъ, то глины, приближающіяся по составу къ чистому каолину [1]) являются наиболѣе *огнеупорными*, т.-е. плавятся всего труднѣе; при этомъ нѣкоторый избытокъ глинозема увеличиваетъ, избытокъ кремнезема уменьшаетъ огнеупорпость. Всѣ остальные окислы — окись желѣза, известь, магнезія, щелочи — уменьшаютъ огнеупорность, способствуютъ плавкости и поэтому называются *плавнями;* въ нѣкоторыхъ случаяхъ, желая понизить температуру плавкости глины, ихъ нарочно прибавляютъ къ ней.

Пластичность глины зависитъ не только отъ ея химическаго состава, но также и отъ ея физическаго строенія, т.-е. отъ формы и величины тѣхъ мельчайшихъ частичекъ, которые составляютъ глину; такъ что, хотя болѣе чистыя глины въ общемъ и болѣе пластичны, но каолины, напр., менѣе пластичны, чѣмъ хорошія огнеупорныя глины (см. ниже). Всякія грубыя примѣси, какъ, напр., песокъ, уменьшаютъ пластичность и называются *отощающими примѣсями*, если прибавляются къ глиняному тѣсту умышленно. Такая прибавка часто бываетъ необходима, такъ какъ слишкомъ жирная глина (пластичная глина называется *жирной*, малопластичная—*тощей*) даетъ при высыха-

[1]) Каолинъ содержитъ кремнезема 46,5%, глинозема 39,5%, воды 14,0%.

ніи слишкомъ большую *усадку*, т.-е. слишкомъ уменьшается въ объемѣ при высыханіи; при такомъ уменьшеніи объема, вслѣдствіе неравномѣрнаго сжатія наружныхъ и внутреннихъ слоевъ глинянаго издѣлія появляются трещины. Прибавленныя песчинки (и вообще «отощающія примѣси»), равномѣрно распредѣленныя въ глинѣ, соприкасаются другъ съ другомъ и образуютъ какъ бы жесткій скелетъ, вокругъ котораго стягивается при высыханіи глина; благодаря этой жесткости сохраняется форма издѣлія и предотвращается появленіе трещинъ. Вмѣсто песку, для огнеупорныхъ издѣлій (песокъ здѣсь непригоденъ, такъ какъ кремнеземъ понижаетъ огнеупорность) примѣняютъ *шамотту*, т.-е. предварительно обожженную и измельченную огнеупорную глину, или проще, бой отъ старыхъ огнеупорныхъ издѣлій.

Цвѣтъ обожженнаго глинянаго издѣлія зависитъ отъ примѣсей, главнымъ образомъ, отъ окиси желѣза и отъ извести. Прокаленная окись желѣза сама по себѣ имѣетъ различные оттѣнки отъ краснаго до желтаго, почти фіолетоваго, въ зависимости отъ температуры прокаливанія; въ тѣ же оттѣнки краснаго цвѣта окрашиваетъ окись желѣза и прокаленную глину. При продолжительномъ прокаливаніи издѣлія въ возстановительномъ (см. химію) пламени окись желѣза возстановляется въ закись, и получаются сѣрые, синеватые и даже почти черные оттѣнки.

Известь, при сильномъ прокаливаніи, ослабляетъ красную окраску глины отъ желѣза; тогда, вмѣсто красныхъ, получаются желтоватые оттѣнки; таковъ, напр., извѣстный въ техникѣ кіевскій кирпичъ, свѣтло-желтый.

Если, наконецъ, въ глинѣ есть полевой шпатъ (минералъ, содержащій щелочи) или вообще, если въ глинѣ есть щелочи и кремнеземъ, легко вступающіе въ соединеніе съ желѣзомъ, то при сильномъ обжигѣ могутъ образоваться содержащіе желѣзо силикаты зеленоватаго цвѣта. Бѣлымъ послѣ обжига остается черепокъ только при очень чистой, не содержащей желѣза, глинѣ; такія глины встрѣчаются рѣдко, и такъ какъ чистыя глины обладаютъ и другими цѣнными качествами — пластичностью, огнеупорностью, то и идутъ онѣ только для болѣе дорогихъ издѣлій.

Существующія въ природѣ глины можно раздѣлить на: 1) каолины, 2) огнеупорныя глины, 3) остекловывающіяся глины и 4) легкоплавкія глины.

Каолины — очень чистыя глины встрѣчаются на мѣстѣ своего образованія изъ полевошпатныхъ породъ (см. геологію). Каолины вообще отличаются малой пластичностью, очень боль-

шой огнеупорностью; во многихъ каолинахъ почти вовсе отсутствуетъ желѣзо; поэтому они даютъ при обжигѣ безцвѣтный черепокъ и идутъ для приготовленія фарфора и другихъ высшихъ сортовъ глиняныхъ издѣлій; особенно цѣнится каолинъ, если, кромѣ огнеупорности и безцвѣтности, онъ обладаетъ еще и значительной пластичностью.

Огнеупорныя глины уже являются глинами изъ *вторичныхъ* мѣсторожденій, т.-е. онѣ были унесены токомъ воды съ мѣста своего образованія и затѣмъ медленно осаждались изъ воды. При этомъ, съ одной стороны, въ глину могли попасть изъ воды различныя примѣси, такъ что огнеупорность ея меньше, чѣмъ каолина; съ другой, при такомъ естественномъ отмучиваніи, получилась глина, состоящая изъ очень мелкихъ частичекъ, благодаря чему пластичность огнеупорныхъ глинъ обычно выше, чѣмъ у каолиновъ.

Глина, въ которую при ея осажденіи изъ воды попадаетъ много примѣсей-плавней, теряетъ свою огнеупорность; такимъ образомъ получаются глины, *остекловывающіяся* съ поверхности при температурѣ фарфоровой печи (1350°). Такая глина идетъ на полученіе облицовочнаго кирпича, плитокъ для настилки половъ, гончарныхъ трубъ для стоковъ и т. д. Наконецъ, при еще большемъ загрязненіи глины, получается простая, *легкоплавкая глина*, остекловывающаяся съ поверхности уже при 1200°; если легкоплавкая глина не содержитъ большого количества песку, то она довольно пластична, примѣняется для выдѣлки простой посуды (горшковъ), черепицы, изразцовъ и называется *горшечной или гончарной;* большая примѣсь песку дѣлаетъ ее непригодной для формовки болѣе сложныхъ предметовъ, — тогда она идетъ на выдѣлку кирпича и называется *кирпичной*.

Производство различныхъ глиняныхъ издѣлій ведется весьма различно, но въ общемъ можно сказать, что работа сводится къ четыремъ главнымъ операціямъ: 1) подготовка глиняной массы или *заминка*, 2) приданіе глиняной массѣ желаемой формы или *формовка*, 3) *высушиваніе* сформованныхъ издѣлій и 4) *обжигъ*.

Для *производства кирпича* примѣняются обычные, всюду встрѣчающіеся сорта легкоплавкихъ глинъ, содержащихъ большія количества песку, и потому малопластичныхъ. Пластичность, цѣнная въ другихъ случаяхъ, здѣсь не нужна, такъ какъ форма, придаваемая кирпичамъ, очень проста; наоборотъ, здѣсь пригоднѣе менѣе пластичная глина, дающая при высушиваніи меньшую усадку и, вслѣдствіе этого, меньше браку.

Весьма желательны глины, содержащія отъ природы значительную примѣсь песка: тогда не приходится примѣшивать

его искусственно. Крупные куски каменистыхъ примѣсей отбираются вручную при добычѣ глины; особенно вредны встрѣчающіеся въ глинѣ куски известняка; при обжигѣ кусочекъ такого известняка переходитъ въ негашеную известь, которая современемъ гасится, увеличивается при этомъ въ объемѣ и разрываетъ кирпичъ, внутри котораго находится.

Однимъ изъ необходимыхъ условій полученія хорошаго кирпича является возможная однородность массы. При производствѣ кирпича вручную часто оставляютъ добытую глину лежать на воздухѣ въ теченіе зимы—такъ называемое «вымораживаніе» глины; при этомъ кусочки глины разрываются замерзающей въ нихъ водой, разрыхляются, связь между частицами глины ослабляется, глина становится болѣе проницаемой для воды и легче даетъ при перемѣшиваніи однородную массу. Кромѣ того, дождь вымываетъ изъ глины содержащіяся въ ней растворимыя соли, которыя иначе переходятъ въ кирпичъ и даютъ затѣмъ на поверхности кирпича налеты солей.

Перемѣшиваніе глины въ простѣйшемъ случаѣ производится прямо ногами рабочихъ; болѣе совершеннымъ является разминаніе глины лошадьми, которыхъ заставляютъ ходить по круглому току, гдѣ разостланъ слой глины. При болѣе крупныхъ размѣрахъ производства разминаніе производится посредствомъ особыхъ глиномяльныхъ машинъ, которыя обычно не только разминаютъ глину, но и формуютъ изъ нея кирпичи, и называются тогда кирпичедѣлательными машинами.

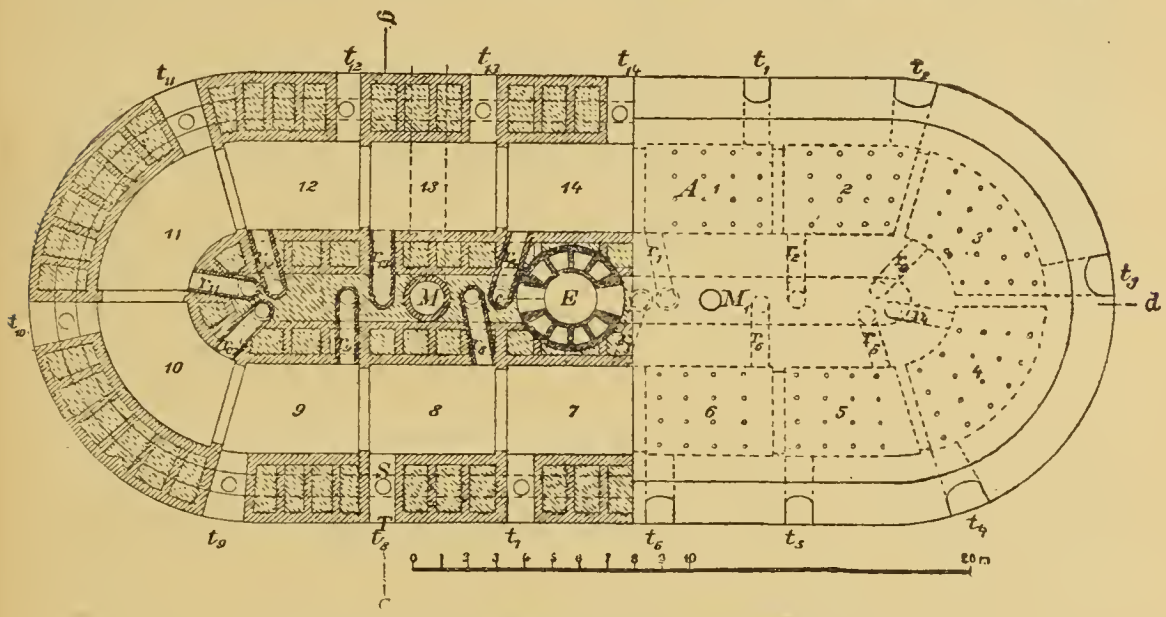
Формовка кирпича изъ массы на маленькихъ заводахъ производится прямо вручную; простѣйшій видъ формы — это ящикъ безъ дна, въ который рабочій бросаетъ съ силой комъ глины, разравниваетъ его и снимаетъ форму.

При машинной формовкѣ, какъ было указано, формовка и мятье глины производится той же машиной, состоящей изъ стоячаго или лежачаго цилиндра съ вращающимся валомъ, на которомъ насажены по винтовой линіи ножи. Глина забрасывается въ цилиндръ; при вращеніи вала ножи разрѣзываютъ комья, перемѣшиваютъ глину и, въ то же время, съ силой передвигаютъ ее къ концу цилиндра, снабженному отверстіемъ съ размѣрами, равными размѣрамъ кирпича. Такимъ образомъ изъ машины выдавливается глиняная лента, которую рабочій разрѣзаетъ проволокой на части одинаковой длины—отдѣльные кирпичи.

Сформованные тѣмъ или другимъ способомъ кирпичи подвергаются затѣмъ высушиванію, обычно на воздухѣ, подъ навѣсами, защищающими кирпичъ отъ размыванія дождемъ.

Высушенный кирпичъ затѣмъ обжигается. Въ простѣйшемъ случаѣ кирпичъ обжигается въ такъ называемой *напольной* печи, т.-е. въ печи, сложенной въ видѣ четырехгранной усѣченной пирамиды изъ того же подлежащаго обжигу кирпича; расходъ топлива въ напольной печи очень великъ и кирпичъ обжигается весьма неправильно, поэтому на заводахъ этотъ способъ не примѣняется. Изъ различныхъ постоянныхъ печей для обжига мы опишемъ только кольцевую печь Гофмана, примѣняющуюся также и во многихъ другихъ производствахъ.

Печь Гофмана, изображенная на черт. 195, представляетъ собою замкнутый кольцевой каналъ, раздѣленный выступающими



Черт. 195. Печь Гофмана для обжига кирпича (планъ).

надъ поверхностью стѣнъ арками на 12—16 камеръ. Каждая камера снабжена загрузнымъ отверстіемъ, нѣсколькими рядами топочныхъ отверстій въ потолкѣ камеры и отверстіемъ, соединяющимъ камеру съ общимъ боровомъ, отводящимъ дымовые газы въ трубу.

Обжигъ въ кольцевой печи ведется такимъ образомъ, что горѣніе топлива, забрасываемаго черезъ топочное отверстіе въ камеры, наполненныя обжигаемымъ матеріаломъ, происходитъ въ каждый данный моментъ только въ одной какой-нибудь камерѣ.

Самый ходъ работы печи будетъ понятенъ изъ слѣдующаго примѣра. Предположимъ, что въ печи, состоящей изъ 14 камеръ, въ настоящій моментъ идетъ обжигъ въ камерѣ № 7; загрузныя отверстія замурованы всюду, кромѣ камеръ № 1 и 2, изъ которыхъ № 2 разгружается, а № 1 только что была разгру-

жена и теперь загружается вновь сырымъ кирпичомъ. Камеры 3—6 наполнены уже обожженнымъ, а камеры 8—14 сырымъ кирпичомъ; камера № 14 отдѣлена отъ № 1 листомъ бумаги, приклеенной къ выступамъ упомянутой выше арки; наконецъ отверстія, соединяющія камеры съ общимъ дымоходомъ, закрыты всюду посредствомъ желѣзныхъ заслонокъ, кромѣ камеры № 14. Наружный воздухъ входитъ въ камеру № 2, изъ нея идетъ черезъ камеры 3—6, охлаждая горячій, свѣжеобожженный кирпичъ и нагрѣваясь самъ, при чемъ холодный воздухъ встрѣчаетъ сначала почти холодный кирпичъ, а переходя въ слѣдующія камеры, болѣе горячій. Въ № 7 идетъ горѣніе топлива, забрасываемаго черезъ верхнее отверстіе, съ прошедшимъ черезъ предыдущія камеры нагрѣтымъ воздухомъ, а дымовые газы идутъ затѣмъ черезъ камеры 8—14 въ дымовую трубу, подсушивая и подогрѣвая загруженный кирпичъ и охлаждаясь градусовъ до 70, такъ что бумажный листъ, раздѣляющій камеру № 14 отъ № 1, остается неповрежденнымъ.

Обжигъ одной камеры длится около сутокъ; затѣмъ начинаютъ забрасывать топливо въ слѣдующую камеру, въ данномъ случаѣ въ № 8, разгружаютъ № 3, нагружаютъ № 2, бумажная перегородка между камерами № 14 и № 1 разрывается, а устраивается новая между № 1 и 2 и т. д. Такимъ образомъ, воздухъ, идущій на горѣніе топлива, служитъ въ то же время для охлажденія обожженнаго кирпича, при чемъ самъ нагрѣвается до высокой температуры; горѣніе топлива происходитъ съ горячимъ воздухомъ, а накаленные дымовые газы подсушиваютъ и подогрѣваютъ идущій на обжигъ кирпичъ и уходятъ въ трубу съ очень низкой температурой; благодаря этому, тепло отъ горѣнія топлива использовывается очень совершенно и расходъ топлива очень малъ.

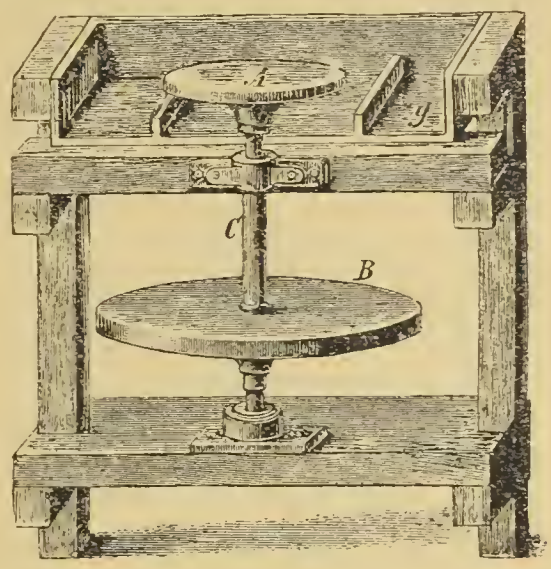
Таковъ въ общихъ чертахъ ходъ кирпичнаго производства. При выдѣлкѣ другихъ, болѣе тонкихъ издѣлій, разница будетъ заключаться въ выборѣ лучшихъ сортовъ глины, въ болѣе тщательномъ подготовленіи массы, въ болѣе сложныхъ приспособленіяхъ для формовки. Не описывая подробно другихъ производствъ, укажемъ только на нѣкоторые, болѣе интересные пріемы работы.

Во-первыхъ, что касается состава массы, то при изготовленіи кирпича берутъ прямо природную глину или примѣшиваютъ къ ней песокъ; при производствѣ болѣе тонкихъ издѣлій часто является необходимымъ удалить изъ глины камешки, грубыя частицы песка и т. д., для этого глину *отмучиваютъ*, т.-е. разбалтываютъ съ водой; грубыя частицы быстро осѣдаютъ, а воду

со взвѣшенной тонкой глинистой мутью сливаютъ въ большіе бассейны и тамъ даютъ отстояться; на днѣ этихъ бассейновъ садится глина.

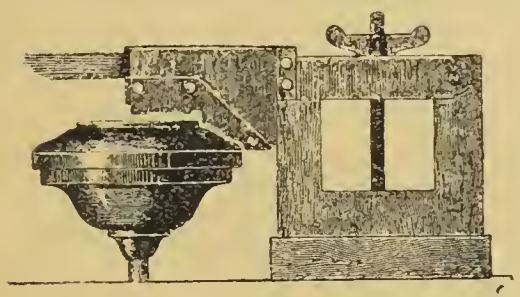
Методы формовки различны въ зависимости отъ пластичности глины и отъ формы, которую желаютъ ей придать.

При выдѣлкѣ простыхъ горшковъ, такъ называемый, *гончарный кругъ*. Это круглый столъ, вращающійся около вертикальной оси: горшечникъ приводитъ его во вращеніе, толкая ногами находящуюся внизу круглую подставку, прилѣпляетъ на середину стола комъ глины и, продолжая вращать столъ, придаетъ глинѣ пальцами желаемую форму. Благодаря вращенію, сформованные предметы (горшки, миски и т. д.) получаютъ правильную круглую форму (см. черт. 196).



Черт. 196.

Примѣненіе гончарнаго круга возможно, однако, только при пластичной массѣ. При формовкѣ фарфоровыхъ издѣлій гончарный кругъ непримѣнимъ вовсе, такъ какъ, во-первыхъ, масса мало пластична (каолинъ), во-вторыхъ, сами издѣлія обычно имѣютъ довольно сложный видъ. Поэтому здѣсь примѣняется формовка посредствомъ гипсовыхъ формъ; гипсъ особенно удобенъ для этого, такъ какъ, благодаря своей пористости, онъ отсасываетъ воду изъ фарфоровой массы, и она быстро подсыхаетъ. Иногда примѣняютъ смѣшанный методъ формовки: такъ, на черт. 197 изображенъ способъ формовки фарфоровой тарелки: къ вращающемуся столику гончарнаго круга прикрѣплена гипсовая форма; на форму кладется тонкій, заранѣе приготовленный листъ фарфоровой массы, который прижимается отъ руки къ формѣ помощью влажной губки; гипсовая форма даетъ внутреннюю поверхность тарелки. Затѣмъ, вращая кругъ, надвигаютъ шаблонъ, вырѣзанный изъ тонкаго металлическаго



Черт. 197.

листа, который, снимая (соскабливая) избытокъ массы, даетъ наружную поверхность тарелки.

Для болѣе сложныхъ тонкостѣнныхъ фарфоровыхъ издѣлій, пользуясь пористостью гипсовой формы, примѣняютъ методъ отливки; фарфоровая масса, разведенная водой до густоты сливокъ, вливается въ сухую форму; гипсъ всасываетъ воду, и на стѣнкахъ формы отлагается тонкій слой твердыхъ частичекъ фарфоровой массы; избытокъ жидкости выливаютъ.

Что касается обжига, то онъ ведется различно, въ зависимости отъ огнеупорности глины и отъ того, желательно ли получить издѣліе съ пористымъ или со сплавленнымъ черепкомъ. Выше всего обжигаются фарфоровыя издѣлія, такъ какъ они имѣютъ сплавленный, просвѣчивающій черепокъ и готовятся изъ очень огнеупорной массы.

Глазурованныя фарфоровыя и тонкія фаянсовыя издѣлія подвергаются двукратному обжигу: первый разъ («бисквитный обжигъ») до нанесенія глазури и второй («глазурный обжигъ») съ глазурью; при болѣе простыхъ издѣліяхъ, хотя и глазурованныхъ, обжигъ одинъ; дѣло въ томъ, что фарфоровая масса очень мало пластична, и сформованный изъ нея предметъ, при погруженіи въ воду съ разболтанной въ ней глазурной массой, сейчасъ же размокнетъ; поэтому въ глазурную муть погружаютъ уже обожженныя при невысокой, сравнительно, температурѣ фарфоровыя издѣлія. Пористый обожженный черепокъ жадно впитываетъ воду и покрывается равномѣрнымъ тонкимъ слоемъ глазурнаго состава.

Второй глазурный обжигъ ведется при гораздо высшей температурѣ, при чемъ основная глинистая масса спекается, давая характерный для фарфора просвѣчивающійся черепокъ, а болѣе легкоплавкій глазурный составъ сплавляется, плотно пристава къ черепку и образуя гладкую, блестящую поверхность.

Такъ какъ при обжигѣ фарфоровыхъ издѣлій необходимо предохранить ихъ отъ непосредственнаго соприкосновенія съ дымовыми газами — иначе частицы золы и сажи могутъ ихъ запачкать, — то обжигаемые предметы заключаются въ такъ называемыя *капсели* изъ огнеупорной глины.

Выше уже нѣсколько разъ приходилось упоминать *глазурь*; глазурью называется стеклоподобное вещество, которымъ бываютъ покрыты глиняныя издѣлія. Составъ глазурей очень разнообразенъ и зависитъ отъ свойствъ покрываемаго глазурью черепка. Глазурь должна при температурѣ обжига даннаго издѣлія плавиться и крѣпко пристава къ черепку, заполняя съ поверхности поры и дѣлая черепокъ непроницаемымъ для жид-

костей и газовъ; непрозрачная глазурь имѣетъ, кромѣ того, цѣлью скрыть некрасивый цвѣтъ черепка.

Наносится глазурный составъ на издѣліе или посредствомъ погруженія издѣлія въ воду съ разболтанной въ ней глазурной массой, какъ было уже упомянуто выше, или посредствомъ обливанія издѣлія глазурной мутью или, наконецъ, посредствомъ обсыпанія сухимъ глазурнымъ составомъ.

5. Большая химическая промышленность.

(Важнѣйшія соли, кислоты и щелочи.)

Приготовленіе солей и кислотъ составляетъ крупный отдѣлъ химической технологіи, называемый большой химической промышленностью. Всѣ фабрикаты этого отдѣла получаются изъ сырыхъ матеріаловъ, встрѣчающихся въ природѣ въ видѣ солей разныхъ кислотъ.

Сѣра и ея соединенія, особенно сѣрная кислота, имѣютъ первенствующее значеніе въ промышленности, такъ какъ съ помощью сѣрной кислоты готовится цѣлый рядъ кислотъ и солей. Въ виду такого значенія этой кислоты начнемъ обзоръ отдѣла съ нея.

Исходнымъ матеріаломъ для полученія сѣрной кислоты служитъ минералъ пиритъ *(FeS_2)* или двусѣрнистое желѣзо (желѣзная соль сѣроводородной кислоты). Для полученія сѣрной кислоты изъ пиритовъ послѣдніе обжигаются въ спеціальныхъ печахъ (см. черт. 198, *S*); измельченный минералъ помѣщаютъ на полкахъ, надъ которыми пропускаютъ токъ воздуха, сильно нагрѣтаго топочными газами; въ накаленномъ кислородѣ воздуха сѣра пирита сгораетъ; получаются сѣрнистый газъ *(SO_2)*, улетающій съ печными газами, и окись желѣза, остающаяся въ видѣ огарковъ. Горячіе газы по выходѣ изъ печи проходятъ черезъ спеціальные каналы, въ которыхъ задерживаются пыль и различныя летучія примѣси къ пириту (соединенія мышьяка), и поступаютъ въ башню Гловера (*G*, см. черт. 198) черезъ отверстіе, сдѣланное внизу. Башня эта наполнена кислотоупорнымъ кирпичомъ, по которому сверху, навстрѣчу поступающимъ газамъ, стекаетъ нитрозо-сѣрная кислота, содержащая въ растворѣ соединеніе сѣрной кислоты съ двуокисью азота. Нитроза перекачивается сюда изъ башни Гей-Люссака (см. ниже).

Часть сѣрнистаго газа подъ вліяніемъ окисловъ азота, выдѣляющихся, благодаря высокой температурѣ изъ нитрозы, окисляется въ сѣрный ангидридъ; послѣдній съ водой даетъ сѣрную

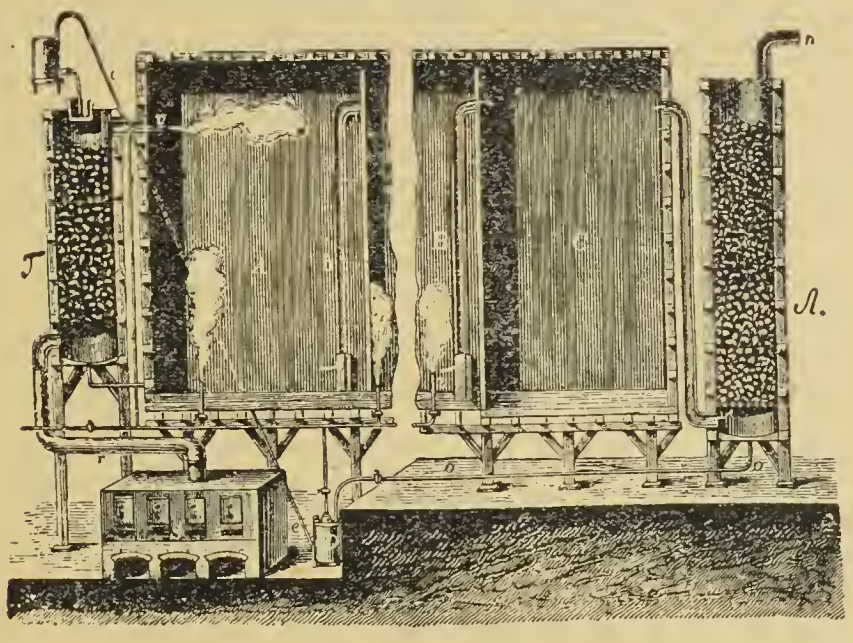
кислоту, которая вмѣстѣ съ сѣрной кислотой, освободившейся изъ нитрозы, стекаетъ на дно башни. Печные газы вмѣстѣ съ окислами азота изъ башни Гловера переходятъ въ рядъ свинцовыхъ камеръ, гдѣ идетъ дальнѣйшее окисленіе сѣрнистаго газа.

Свинцовыя камеры представляютъ громадныя помѣщенія, стѣны, полъ, потолокъ которыхъ сдѣланы изъ свинцовыхъ листовъ (сѣрная кислота не разъѣдаетъ свинца). Въ камеры черезъ отверстіе въ полу поступаютъ газы, а въ стѣнѣ находится кранъ, черезъ который вдувается водяной паръ или распыленная вода. Въ камерѣ подъ вліяніемъ окисловъ азота происходитъ окисленіе сѣрнистаго газа кислородомъ воздуха въ сѣрный ангидридъ, а этотъ послѣдній съ водой даетъ сѣрную кислоту $SO_2 + O = SO_3$; $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$. Образовавшаяся сѣрная кислота собирается въ видѣ густой маслянистой жидкости на днѣ камеръ, а газы переходятъ послѣдовательно во вторую, третью, иногда четвертую камеры, гдѣ происходитъ окончательное окисленіе остатковъ сѣрнистаго газа.

Изъ послѣдней камеры газы (азотъ, кислородъ воздуха, окислы азота и продукты горѣнія) поступаютъ въ башню Гей-Люссака *(Л)*, наполненную кусками кокса, по которымъ медленно стекаетъ спеціально напускаемая въ башню крѣпкая сѣрная кислота; кислота эта даетъ соединеніе съ окислами азота, растворяетъ и такимъ образомъ поглощаетъ ихъ; это соединеніе носитъ названіе нитрозы. Изъ башни Гей-Люссака въ воздухъ выпускаются газы, почти не содержащіе ни окисловъ азота, ни сѣрнистаго газа. Полученная нитроза перекачивается въ башню Гловера, гдѣ, какъ уже говорилось, подъ вліяніемъ высокой температуры окислы азота выдѣляются изъ нитрозы и служатъ для окисленія новыхъ количествъ сѣрнистаго ангидрида. Отсюда видно, что окислы азота совершаютъ круговоротъ и что необходимо только пополнять естественную трату этихъ соединеній, теряющихся въ небольшихъ количествахъ, при выходѣ газовъ изъ башни Гей-Люссака, и остающихся растворенными въ сѣрной кислотѣ. Это пополненіе производится впускомъ азотной кислоты въ башню Гловера или разложеніемъ селитры сѣрной кислотой въ спеціальной печи, откуда они входятъ въ каналы, ведущіе пиритные газы въ башню Гловера.

Описанный процессъ полученія сѣрной кислоты называется *камернымъ* способомъ; кромѣ того, существуетъ новый способъ *контактный*, основанный на свойствѣ нѣкоторыхъ пористыхъ тѣлъ ускорять различныя реакціи, въ томъ числѣ и реакціи окисленія (см. Химію); при всѣхъ такихъ реакціяхъ эти контактныя вещества, какъ ихъ называютъ — катализаторы, сами не

измѣняются. Наибольшимъ распространеніемъ пользуется платина, которая осаждается въ видѣ тонкаго, пористаго порошка на азбестѣ, или неглазурованномъ фарфорѣ, или даже на пиритовыхъ огаркахъ; послѣднее время примѣняется и окись желѣза. Покрытый губчатой платиной азбестъ, или фарфоръ, или огарки помѣщаются въ трубахъ большого желѣзнаго цилиндра, который замѣняетъ всѣ камеры въ предыдущемъ способѣ. Газы изъ пиритныхъ печей, тщательно очищенные отъ пыли и соединеній мышьяка, вмѣстѣ съ воздухомъ поступаютъ въ трубы, гдѣ подъ вліяніемъ катализатора происходитъ окисленіе сѣрнистаго газа



Черт. 198. Аппаратъ для полученія сѣрной кислоты камернымъ способомъ.

въ сѣрный ангидридъ ($SO_2 + O = SO_3$), который, по выходѣ изъ цилиндра, поглощается 97 — 98%-ной сѣрной кислотой.

Азотная кислота получается изъ ея натровой соли, такъ называемой чилійской селитры, имѣющейся въ громадныхъ залежахъ въ Чили.

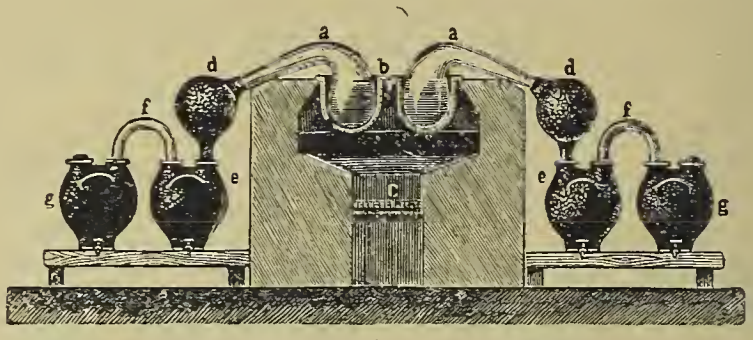
Селитра, облитая сѣрной кислотой, освобождаетъ азотную кислоту, которая и получается такимъ образомъ въ большихъ количествахъ. Одинъ изъ простѣйшихъ приборовъ для полученія азотной кислоты представляетъ черт. 199; *a* — реторты изъ стекла, помѣщаются на песчаныхъ баняхъ *b*; подъ ними находится топка.

Засыпанная въ реторты селитра заливается надлежащимъ количествомъ крѣпкой сѣрной кислоты и подогрѣвается. Образующіеся пары азотной кислоты поступаютъ въ глиняные пріемники, въ которыхъ сгущаются въ жидкую кислоту. Процессъ по-

лученія азотной кислоты выражается химическимъ уравненіемъ:

$$\underset{\text{селитра}}{NaNO_3} + \underset{\text{сѣрная к.}}{H_2SO_4} = NaHSO_4 + \underset{\text{азотная к.}}{HNO_3}$$

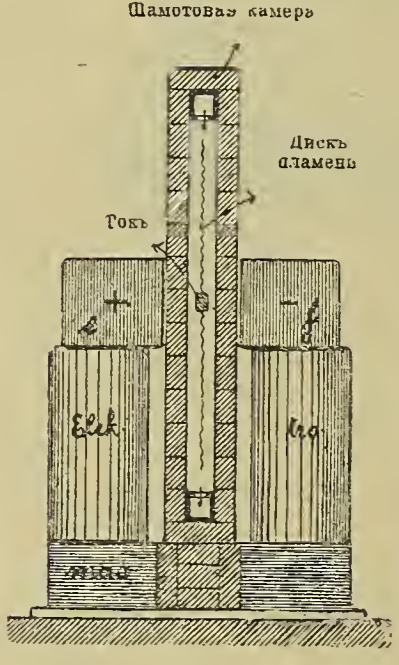
Какъ видно изъ уравненія, побочнымъ продуктомъ производства



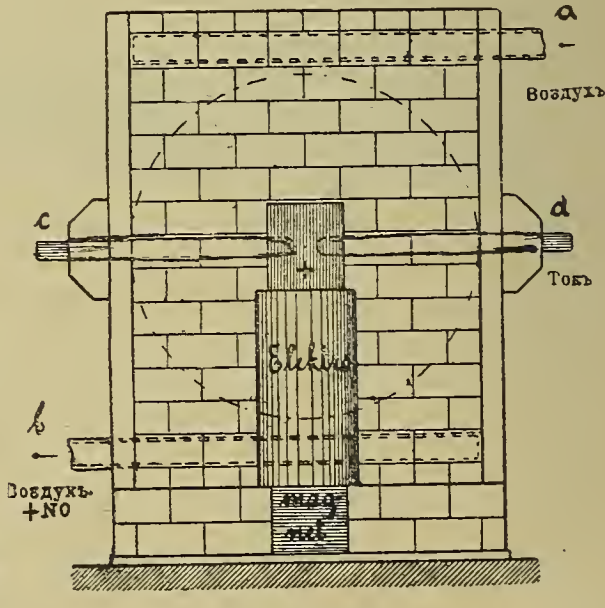
Черт. 199. Приборъ для полученія азотной и соляной кислоты.

является кислая сѣрнокислая натровая соль, находящая примѣненіе на стеклянныхъ заводахъ.

Какъ ни богаты залежи селитры, но онѣ все-таки истощаются; кромѣ того, селитра, сама по себѣ, употребляется въ боль-



Черт. 200. Поперечный разрѣзъ.

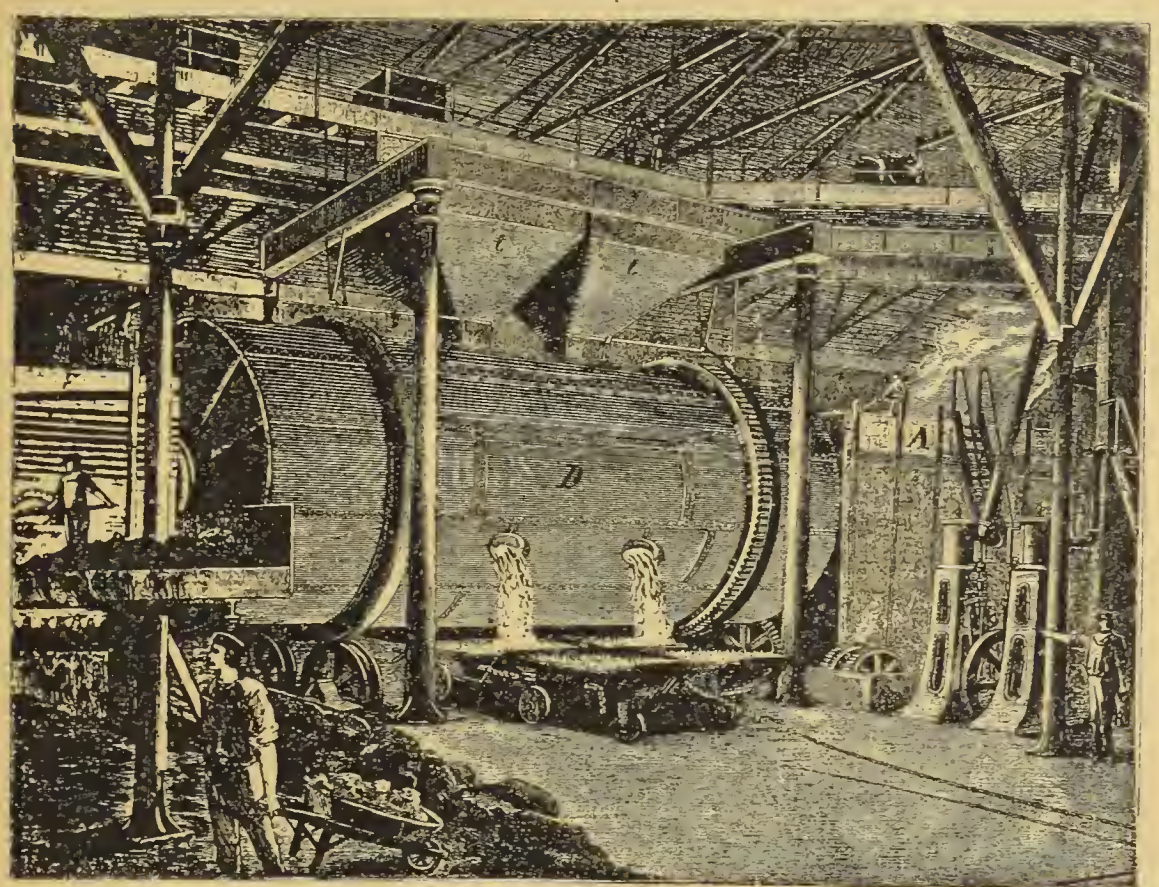


Черт. 201. Продольный разрѣзъ.

шихъ количествахъ, какъ удобреніе; съ развитіемъ правильныхъ пріемовъ обработки почвы, потребленіе селитры для удобренія все увеличивается, и наступитъ время, когда существующихъ запасовъ не будетъ хватать. Поэтому въ послѣднее время раз-

рабатываются способы полученія азотной кислоты изъ атмосфернаго азота дѣйствіемъ электричества, и изъ этой азотной кислоты получаютъ соли ея для удобренія.

Печь для полученія азотной кислоты изъ воздуха представляетъ шамотовую камеру, въ видѣ узкаго вертикальнаго диска (см. черт. 200 и 201), черезъ которую продувается воздухъ; въ средину камеры вставлены мѣдные электроды, между которыми получается вольтова дуга (см. электричество) отъ сильныхъ



Черт. 202. Печь для сплавленія содовой смѣси по способу Леблана.

динамомашинъ; въ направленіи, перпендикулярномъ электродамъ, установлены полюсы сильнаго электромагнита, отъ дѣйствія котораго вольтова дуга вытягивается въ камерѣ въ плоскій круглый дискъ. Въ воздухѣ, который проходитъ черезъ эту камеру, подъ вліяніемъ электрическаго диска образуется окись азота *(NO)*, окисляющаяся дальше въ двуокись *(NO_2)*; при растворенiи этой послѣдней въ водѣ образуется азотная кислота.

Соляная кислота получается, подобно азотной, разложеніемъ встрѣчающейся въ природѣ соли этой кислоты, хлористаго натрія,

или поваренной соли, при помощи сѣрной кислоты. Реакція идетъ по уравненію: $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$.
хлор. натрій. сѣрн. к.

Работа ведется въ приборѣ, описанномъ при полученіи азотной кислоты (см. черт. 199). Получать побочнымъ продуктомъ производства кислую сѣрнонатровую соль выгодно, такъ какъ она, будучи легкоплавкой, послѣ отгонки соляной кислоты можетъ быть вылита изъ реторты, чѣмъ послѣдняя сохраняется; а соль идетъ на стеклянные заводы.

Сода получается двумя способами; первый, предложенный Лебланомъ, заключается въ слѣдующемъ: сульфатъ натрія (сѣрнокислый натръ) смѣшивается съ угольнымъ порошкомъ и известнякомъ или мѣломъ и плавится въ особыхъ печахъ (см. черт. 202). Печь представляетъ вращающійся на роликахъ желѣзный цилиндръ (*D*), выложенный внутри огнеупорнымъ кирпичомъ; передъ нимъ (на черт. слѣва *F*) расположена топка, изъ которой продукты горѣнія проходятъ черезъ отверстія въ цилиндръ, нагрѣваютъ массу до плавленія и уходятъ въ трубу черезъ отверстіе въ другомъ концѣ цилиндра. Боковыя окна, изъ которыхъ выливается расплавленная масса, служатъ и для загрузки смѣсью изъ закромовъ *C*. Въ смѣси вначалѣ идетъ реакція по уравненію: $Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2$, т.-е. уголь (углеродъ) сгораетъ за счетъ кислорода сѣрнокислаго натрія, возстановляетъ его, переводитъ въ сѣрнистый натрій, не содержащій въ своемъ составѣ кислорода. Образовавшійся сѣрнистый натрій далѣе вступаетъ во взаимодѣйствіе съ углекислой известью по уравненію: $Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$. Какъ видимъ изъ уравненія, кальцій становится на мѣсто натрія въ частицѣ сѣрнистаго кальція, а натрій становится на мѣсто кальція, образуя соду или углекислый натрій. При выщелачиваніи смѣси водой въ растворъ переходитъ образовавшаяся сода, а сѣрнистый кальцій остается нерастворимымъ, образуя такъ называемые содовые остатки. Выщелачиваніе соды ведется по способу методическаго выщелачиванія [1]), по которому свѣжая вода проходитъ черезъ всѣ ящики и насыщается содой; затѣмъ изъ ящика, въ который шла вода, накладывается свѣжая масса, и свѣжая вода пускается на слѣдующій ящикъ, а растворъ проходитъ черезъ свѣжую массу и отсюда отбирается для дальнѣйшей переработки. При выщелачиваніи соды въ растворъ переходятъ въ незначительныхъ количествахъ и постороннія примѣси, напр., ѣдкая из-

[1]) Подробности этого процесса описаны въ свекло-сахарномъ производствѣ (см. диффузію).

весть. Послѣдняя вступаетъ въ растворѣ во взаимодѣйствіе съ содой и вызываетъ образованіе ѣдкаго натра: $CaO + H_2O + Na_2CO_3 = NaHO + CaCO_3$. Для полученія чистой соды растворъ карбонируютъ, т.-е. пропускаютъ черезъ него углекислоту (CO_2), содержащуюся въ топочныхъ газахъ, для обратнаго переведенія ѣдкаго натра въ углекислый, и фильтруютъ черезъ холстъ для удаленія нерастворимыхъ примѣсей, а затѣмъ растворъ выпариваютъ.

По амміачному способу полученія соды или способу Сольвея перерабатывается на соду поваренная соль. Въ аппаратахъ, имѣющихъ форму колоннъ, растворъ поваренной соли насыщается сухимъ амміакомъ, щелочный растворъ соли перекачивается въ карбонизаторы, гдѣ его насыщаютъ подъ давленіемъ углекислымъ газомъ; химическій процессъ выражается уравненіемъ: $NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4Cl + NaHCO_3$, т.-е. подъ вліяніемъ насыщенія раствора поваренной соли амміакомъ и углекислотой въ немъ образуются новыя соединенія: хлористый аммоній и бикарбонатъ натрія (двууглекислый натрій); послѣдній, какъ растворимый менѣе, чѣмъ хлористый аммоній, выкристаллизовывается изъ раствора при опредѣленной температурѣ и отдѣляется отъ раствора нашатыря фильтрованіемъ подъ разрѣженіемъ или на центрофугахъ. Бикарбонатъ прокаливается (кальцинируется), выдѣляющійся углекислый газъ снова идетъ въ производство; при прокаливаніи имѣетъ мѣсто реакція: $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$, т.-е. изъ частицы бикарбоната выдѣляется частица углекислоты и воды. Хлористый аммоній (нашатырь) подъ вліяніемъ ѣдкой извести разлагается съ выдѣленіемъ амміака, который тоже возвращается въ производство, а образующійся хлористый кальцій:

$$\underbrace{2NH_4Cl}_{\text{хлористый аммоній}} + \underbrace{CaO}_{\text{окись кальція}} + \text{вода} = \underbrace{2NH_3}_{\text{амміакъ}} + \underbrace{CaCl_2}_{\text{хлорист. кальцій}} + \text{вода}$$

составляетъ отбросъ производства. Потери углекислаго газа возобновляются полученіемъ его при обжигѣ извести, необходимой для разложенія хлористаго аммонія. Сода, получаемая по описанному способу, отличается высокой чистотой.

Каустическая сода (NaOH), или ѣдкій натръ, при леблановскомъ процессѣ добыванія соды можетъ быть полученъ непосредственно послѣ обжига смѣси сѣрнокислаго натра, углекислаго кальція (известняка) и угля. При выщелачиваніи смѣси ѣдкій кальцій, образующійся при обжигѣ, будетъ разлагать соду съ образованіемъ ѣдкаго натра и углекислаго кальція:

$$\underbrace{CaO}_{\text{окись кальц.}} + \underbrace{H_2O}_{\text{вода}} + \underbrace{Na_2CO_3}_{\text{сода}} = \underbrace{CaCo_3}_{\text{углекисл. кальцій}} + \underbrace{2NaOH}_{\text{ѣдкій натръ}}$$

Отстоявшійся растворъ ѣдкаго натра сливается съ осадка извести и уваривается въ желѣзныхъ котлахъ для удаленія воды, а затѣмъ выливается въ желѣзныя бочки, гдѣ и застываетъ въ плотную массу, поступающую въ продажу подъ именемъ каустической соды.

Съ развитіемъ электротехники электричество находитъ все большее и большее примѣненіе въ химической промышленности. Съ помощью электрическаго тока ведется полученіе хлора и ѣдкаго натра или калія разложеніемъ соотвѣтствующихъ хлористыхъ соединеній. Сосудъ, въ которомъ ведется разложеніе хлористыхъ солей токомъ, раздѣляется на двѣ части проницаемыми для жидкостей перегородками (пергаментъ, обожженная глина). Въ одномъ отдѣленіи помѣщается катодъ, въ другомъ — анодъ, послѣдній дѣлается изъ матеріала, не разрушающагося отъ хлора; напримѣръ, изъ угля. Если насыщать образующуюся ѣдкую щелочь углекислотой, то такимъ образомъ можно получить и соду.

Бѣлильная известь ($Ca_2Cl_4O_2$) готовится пропусканіемъ хлора надъ известью-пушенкой. Известь разсыпается въ камерѣ слоями въ 10—15 сантиметровъ высоты. Камеры дѣлаются изъ свинца или дерева и хорошо осмоляются. Хлоръ, высушенный, пропускается сначала въ первую камеру съ известью, затѣмъ во вторую и т. д. Въ большинствѣ случаевъ примѣняется хлоръ получаемый отъ электролиза раствора хлористаго натрія. Бѣлильная известь находитъ большое примѣненіе въ красильномъ дѣлѣ для бѣленія тканей, въ писчебумажномъ производствѣ. Примѣнять бѣлильную известь для обезцвѣчиванія тканей (напримѣръ, бѣлья) нужно очень осторожно, такъ какъ выдѣляющійся при этой операціи хлоръ дѣйствуетъ и на ткань; кромѣ того, нужно имѣть въ виду, что хлоръ только обезцвѣчиваетъ вещества, дающія тотъ или иной оттѣнокъ ткани, но не удаляетъ ихъ.

6. Сухая перегонка.

При нагрѣваніи веществъ, образовавшихся изъ тѣлъ животныхъ и растеній или продуктовъ отъ нихъ, сначала замѣчается испареніе воды, потомъ обугливаніе (почернѣніе), появленіе дыма, и, наконецъ, онѣ загораются то яркимъ, то блѣднымъ пламенемъ. Необходимымъ условіемъ для горѣнія является доступъ кислорода воздуха. Самое горѣніе такихъ веществъ есть соединеніе углерода и водорода горящаго тѣла съ кислородомъ, при чемъ получаются вода и углекислый газъ, уносящіеся въ воздухъ. Чѣмъ больше нагрѣвъ и больше доступъ воздуха къ горящему тѣлу, тѣмъ

скорѣе оно загорается и тѣмъ горѣніе совершеннѣе, въ результатѣ котораго остается только зола (неорганическія вещества).

Если доступъ воздуха почему-либо затрудненъ, горѣніе не совершенно: выдѣляется много дыма, пламя коптитъ и, наконецъ, потухаетъ, оставляя, кромѣ золы, большее или меньшее количество угля.

Если доступъ воздуха совсѣмъ прекращенъ, а нагрѣвъ происходитъ (напр., нагрѣваемое тѣло помѣщено въ сосудъ, закрытый со всѣхъ сторонъ), то горѣніе происходитъ лишь на счетъ кислорода, заключающагося въ нагрѣваемомъ тѣлѣ, и при очень большомъ нагрѣваніи. При этомъ нагрѣвѣ выдѣляется большое количество какъ парообразныхъ веществъ, которыя при охлажденіи могутъ сгущаться въ жидкость, такъ и газовъ, горючихъ и неспособныхъ горѣть, и остается большее или меньшее количество твердаго чернаго остатка, носящаго различное названіе — древеснаго угля, кокса, гудрона и т. п. Такое нагрѣваніе веществъ растительнаго или животнаго происхожденія безъ доступа воздуха называется *сухой перегонкой*. Она примѣняется очень часто для полученія нужныхъ человѣку веществъ. Таковы: древесный уголь, древесный спиртъ, уксусная кислота, скипидаръ, коксъ, свѣтильный газъ, разныя лѣкарственныя, красящія, освѣтительныя, смазывающія вещества и др.

Какъ бы ни вести сухую перегонку и что бы ни подвергать этой перегонкѣ, всегда получаются вещества: парообразныя, газообразныя и твердыя. Но количество тѣхъ или другихъ сильно измѣняется въ зависимости отъ того, ведется ли нагрѣвъ постепенно или сразу, и какъ великъ этотъ нагрѣвъ. Чѣмъ постепеннѣе нагрѣвъ и чѣмъ ниже температура, до которой онъ доводится, тѣмъ больше получается парообразныхъ и твердыхъ веществъ; чѣмъ быстрѣе ведется нагрѣваніе, чѣмъ выше конечная температура, тѣмъ больше получается газообразныхъ веществъ.

Дѣло въ томъ, что при сухой перегонкѣ, ведущейся медленно, нагрѣваемыя вещества сначала теряютъ воду — высушиваются, потомъ наступаетъ разложеніе: сложныя органическія вещества переходятъ въ болѣе простыя (кислоты, спирты и др.), а потомъ въ еще болѣе простыя (углеводороды, окись углерода, углекислый газъ, амміакъ и т. п.). Если вещество растительнаго или животнаго происхожденія внести въ предварительно накаленный сосудъ, то разложеніе сразу пойдетъ болѣе глубоко: образующіяся болѣе сложныя парообразныя вещества не успѣваютъ уйти какъ таковыя, а претерпѣваютъ дальнѣйшее разложеніе и уходятъ въ видѣ болѣе простыхъ хорошо, слабо или даже совсѣмъ несвѣтящихся газовъ.

Сухая перегонка дерева. Дерево подвергается сухой перегонкѣ, главнымъ образомъ, для полученія древеснаго угля, уксусной кислоты и древеснаго спирта (преимущественно лиственныя породы), смолы и скипидара (преимущественно хвойныя) и дегтя (береза). Древесный уголь можно получать прямо безъ всякихъ сосудовъ, сложивъ дрова плотно въ кучу или костеръ, засыпавъ ихъ сверху и съ боковъ землей или угольной мелочью и оставивъ кое-гдѣ отдушины или устроивъ каналъ посединѣ. Послѣ этого поджигаютъ такую кучу гдѣ-либо въ одномъ мѣстѣ и регулируютъ тягу, открывая или закрывая отдушины или центральный каналъ такъ, чтобы притокъ воздуха былъ слабый. Здѣсь часть дровъ обугливается за счетъ тепла, образующагося отъ сгоранія другой значительной части дровъ, при чемъ теряются всѣ парообразные продукты перегонки, уносящіеся въ воздухъ. Такой способъ часто примѣняется въ лѣсистыхъ мѣстностяхъ Россіи, но, конечно, является далеко неправильнымъ.

На нашихъ кустарныхъ заводахъ часто встрѣчается перегонка въ кирпичныхъ кожуховыхъ печахъ, въ чугунныхъ котлахъ и въ лежачихъ казанахъ изъ листового желѣза.

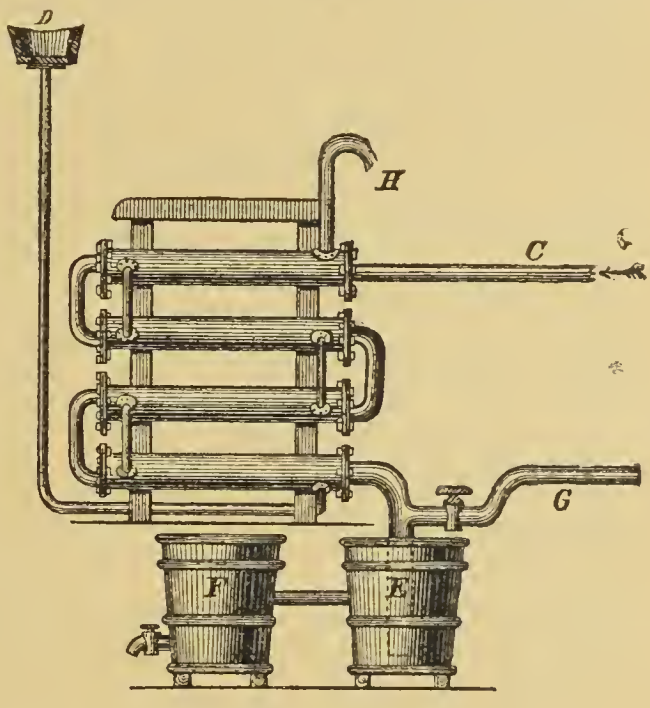
На правильно оборудованныхъ заводахъ перегонка ведется въ горизонтальныхъ или вертикальныхъ ретортахъ цилиндрической формы. Реторты закрываются отъемными крышками для нагрузки дровами и выгрузки угля, а также снабжены отводными трубками: вверху для отвода газовъ и парообразныхъ продуктовъ, а внизу — нелетучихъ (тяжелыхъ).

Дрова, пролежавшія 1—1½ года въ штабеляхъ на воздухѣ, досушиваются при 100 градусахъ въ особыхъ сушилкахъ и плотно закладываются въ реторту. Завинтивъ и промазавъ глиной крышку, начинаютъ постепенно нагрѣвать реторту, подбрасывая дрова въ топку. До 150° Ц. выдѣляется лишь вода, послѣ чего начинается выдѣленіе летучихъ паровъ кислородныхъ соединеній и небольшого количества газовъ, направляющихся чрезъ выводную трубу, которая сильно разогрѣвается; между 280° и 350° газообразованіе особенно велико, послѣ чего оно падаетъ, но зато выдѣляется много паровъ тяжелыхъ углеводородовъ и иныхъ кислородныхъ соединеній, сгущающихся при охлажденіи въ жидкость. Выше 430° нагрѣвать не стоитъ: выдѣляется очень мало продуктовъ и къ тому же малоцѣнныхъ. Выдѣляющіеся пары и газы направляются черезъ выводную (одну или двѣ) трубу въ холодильникъ.

Холодильникъ представляетъ собою рядъ трубъ (лучше всего мѣдныхъ), либо помѣщенныхъ въ бакъ съ холодной водой, либо окруженныхъ каждая болѣе широкими трубами, но ко-

торымъ течетъ въ противоположномъ направленіи парамъ и газамъ холодная вода. Въ холодильникѣ пары сгущаются въ жидкость, которая, пройдя небольшой закрытый сосудъ съ сифонной трубкой (черт. 203), собирается въ пріемный резервуаръ. Несгустившіеся газы по трубкѣ *G* удаляются или наружу въ дымовую трубу, или отводятся въ топку, гдѣ и горятъ сначала слабо, потомъ яркимъ пламенемъ.

Когда образованіе паровъ и газовъ въ ретортѣ прекратится, выводная труба начинаетъ сильно охлаждаться, а пламя въ топкѣ, поддерживавшееся въ концѣ горѣніемъ отходящихъ газовъ, потухаетъ. Давъ печи охладиться, открываютъ крышку и быстро вытаскиваютъ древесный уголь въ особые сушильники: нагрѣтый свѣжеобожженный уголь при соприкосновеніи съ воздухомъ тотчасъ загорается.



Черт. 203. Холодильникъ.

Собравшаяся въ пріемныхъ резервуарахъ жидкость отстаивается въ теченіе нѣсколькихъ дней. Получается 2 слоя: сверху водянистый слой кислородныхъ соединеній (подсмольная вода), снизу густой слой тяжелыхъ углеводородовъ, а также и кислородныхъ соединеній *(смола)*. Это наблюдается при сухой перегонкѣ лиственныхъ породъ. При перегонкѣ же хвойныхъ окончательно получается 3 слоя: верхній представляетъ растворъ смолы въ *скипидарѣ* (легкіе углеводороды), средній — подсмольную воду, нижній — смолу. При сухой перегонкѣ хвойныхъ деревьевъ наиболѣе цѣнными являются скипидаръ и смола, которой получается больше, чѣмъ при перегонкѣ лиственныхъ породъ; наоборотъ, при перегонкѣ послѣднихъ наиболѣе цѣнной является подсмольная вода.

Изъ подсмольной воды получаютъ *древесный спиртъ* и *уксусную кислоту*. Для этого отстоявшуюся подсмольную воду наливаютъ въ мѣдный перегонный кубъ, нагрѣваемый паромъ. Выдѣляющіеся пары проходятъ черезъ 2 меньшихъ мѣдныхъ куба.

наполненныхъ известковымъ молокомъ: уксусная кислота соединяется съ известью, образуя растворъ сырой уксусноизвестковой соли, пары же древеснаго спирта идутъ въ холодильникъ, сгущаются здѣсь въ жидкость (слабый сырой древесный спиртъ), которая собирается въ отдѣльномъ пріемникѣ. Чтобы получить *чистый древесный спиртъ*, растворъ сырого древеснаго спирта подвергаютъ перегонкѣ нѣсколько разъ на колонныхъ аппаратахъ, въ родѣ тѣхъ, которые употребляются на винокуренныхъ и спиртоочистительныхъ заводахъ.

Растворъ сырой уксусноизвестковой соли, послѣ отдѣленія избытка извести, выпариваютъ сначала въ чашкахъ, потомъ въ особыхъ сушилкахъ; получается порошокъ сѣраго цвѣта, изъ котораго получается *уксусная кислота*.

Для этого насыпаютъ порошокъ въ чугунный котелъ съ мѣшалкой, приводимой въ движеніе, нагрѣваемый голымъ огнемъ, плотно закрываютъ крышкой и приливаютъ сюда же постепенно крѣпкую сѣрную кислоту: послѣдняя тотчасъ разлагаетъ порошокъ, соединяется съ известью, образуя сѣрноизвестковую соль, освобождающаяся же уксусная кислота въ видѣ паровъ уносится по выводной трубкѣ въ холодильникъ, гдѣ сгущается въ жидкость и собирается въ особый пріемникъ.

Смола лиственныхъ деревьевъ употребляется какъ топливо, или изъ нея получаютъ *креозотъ*, гваяколъ и другія лѣкарственныя вещества.

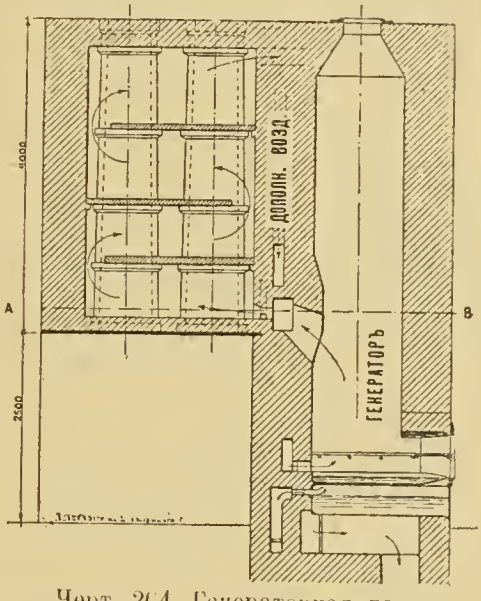
Смола хвойныхъ породъ чаще всего употребляется для смазки или въ сыромъ видѣ, или изъ нея приготовляютъ *варъ*. Самымъ цѣннымъ продуктомъ сухой перегонки хвойныхъ породъ является *скипидаръ*.

Сухая перегонка каменнаго угля. Главною цѣлью ея является полученіе свѣтильнаго газа; поэтому уголь загружаютъ въ сильно накаленныя реторты и все время перегонки держатъ въ печи высокую температуру 1.100—1.400° Ц. Для перегонки употребляются жирные длиннопламенные угли, въ составъ которыхъ входитъ достаточное количество водорода (см. топливо).

Перегонка ведется въ ретортахъ чугунныхъ или (чаще всего) сдѣланныхъ изъ огнеупорной глины, шамота. Такія реторты по нѣсколько штукъ (1 — 12) устанавливаются въ печи неподвижно въ горизонтальномъ, наклонномъ, а въ самое послѣднее время и въ вертикальномъ положеніи. У каждой изъ горизонтальныхъ ретортъ одинъ конецъ глухой, а другой соединяется при помощи болтовъ съ чугунной головкой, выступающей изъ печи и герметически закрывающейся крышкой; каждая сторона снабжена чугунной трубой, отводящей образующіеся въ ретортѣ газы. Чрезъ

верхнее отверстіе засыпается каменный уголь въ реторты; чрезъ нижнее выгребается коксъ по окончаніи перегонки. Въ горизонтальныхъ ретортахъ загрузка угля и выгрузка кокса происходитъ чрезъ одно и то же отверстіе.

Топливомъ для такихъ печей служитъ коксъ, который засыпается толстымъ слоемъ въ отдѣльную печь — *генераторъ*. Здѣсь притокъ воздуха недостаточенъ, и коксъ даетъ не углекислый газъ, а способную горѣть окись углерода, которая по особому каналу поступаетъ въ газовую печь; туда же по другимъ каналамъ поступаетъ *дополнительный* воздухъ. Окись углерода смѣшивается съ воздухомъ, загорается и своимъ горѣніемъ поддерживаетъ высокую температуру печи. Горящіе газы охватываютъ всѣ реторты и по другимъ каналамъ уходятъ въ боровъ и дымовую трубу, подогрѣвая по дорогѣ дополнительный воздухъ, входящій въ печь (черт. 204).



Черт. 204. Генераторная печь.

Открывъ крышку верхней головки реторты, быстро насыпаютъ туда совкомъ или ковшомъ уголь и немедля герметически закрываютъ крышку. Уголь тотчасъ же начинаетъ разлагаться: вначалѣ образуются пары бензола, которые затѣмъ разлагаются съ выдѣленіемъ болѣе тяжелыхъ паровъ другихъ углеводородовъ и образованіемъ газовъ — тоже углеводородовъ. Всѣ эти пары и газы способны горѣть при доступѣ воздуха то яркимъ, то блѣднымъ пламенемъ. При этомъ выдѣляется также водородъ, тоже способный горѣть. При дальнѣйшемъ пребываніи угля въ ретортѣ часть углеводородовъ разлагается съ выдѣленіемъ водорода и углерода, въ видѣ кусковъ кокса и мелкихъ частицъ графита, плотно прилегающаго къ стѣнкамъ реторты. Вмѣстѣ съ тѣмъ идетъ образованіе окиси углерода, способной горѣть, и негорючаго углекислаго газа. Такъ какъ въ составъ каменнаго угля входятъ азотъ, сѣра и др., то при перегонкѣ образуются также вредные газы: амміакъ, ціанистый водородъ, сѣроводородъ и др.

Вся эта масса паровъ и газовъ по стояку удаляется вонъ изъ реторты, въ которой остается чрезъ 4 — 6 часовъ лишь коксъ и графитъ.

Когда газообразованіе кончилось, чуть-чуть пріоткрываютъ крышку нижней головки реторты, подносятъ пламя, чтобы зажечь оставшіеся въ ретортѣ газы и тѣмъ избѣжать взрыва, могущаго быть въ противномъ случаѣ, и быстро открываютъ крышку: накаленный коксъ вываливается изъ реторты самъ собою или выгребается при помощи особыхъ приспособленій. На воздухѣ накаленный коксъ тотчасъ загорается и его тушатъ, поливая водой, и отвозятъ въ особый складъ. Какъ только реторта освобождается отъ кокса, тотчасъ закрываютъ крышку нижней головки, а черезъ верхнюю головку загружаютъ новую порцію угля.

Проходя по стояку, пары и газы охлаждаются до 70—90 градусовъ и входятъ въ закрытый широкій сосудъ изъ котельнаго желѣза, *гидравлику*, гдѣ сгущается часть паровъ (см. *А* на схемѣ газоваго завода).

Не сгустившіеся здѣсь пары и газы идутъ по широкой трубѣ въ холодильникъ, а собравшаяся въ гидравликѣ *смола* стекаетъ по болѣе узкой трубѣ въ смоляную яму. Гидравлика устроена такъ, что смола держится всегда на одномъ уровнѣ выше отверстія газоприводящей трубы, чрезъ что образуется *гидравлическій запоръ*, не позволяющій газамъ уходить наружу.

Холодильники представляютъ рядъ чугунныхъ трубъ, охлаждаемыхъ снаружи воздухомъ, а внутри либо воздухомъ, либо холодной водой (см. *Б* на схемѣ газоваго завода). Въ холодильникахъ сгущаются оставшіеся парообразные продукты почти начисто: смола уходитъ по особымъ трубкамъ, соединеннымъ съ трубами, идущими отъ гидравлическаго запора, въ смоляную яму, а газъ, охлажденный до 10—12° Ц., идетъ на дальнѣйшую очистку.

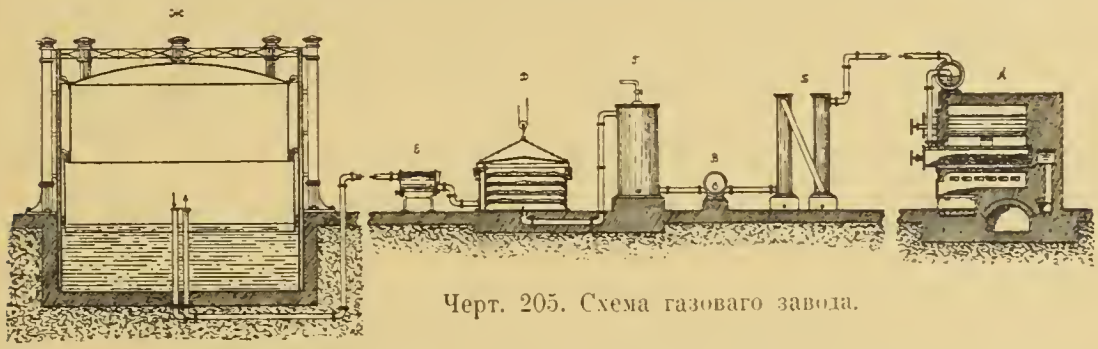
Очистка газа заключается въ удаленіи газовъ, образующихъ при горѣніи вредные продукты или неспособныхъ горѣть. Для удаленія ихъ пользуются способностью амміака растворяться въ водѣ, сѣроводорода и ціанистаго водорода поглощаться желѣзными окислами (измельченной желѣзной рудой), углекислаго газа известью. Для этого газъ поступаетъ въ вертикальный или горизонтальный *скруберъ* (одинъ или нѣсколько см. *Г* на схемѣ газоваго завода); здѣсь газъ тщательно промывается водой, текущей ему навстрѣчу, и идетъ затѣмъ чрезъ очистители, а вода, растворивъ амміакъ и достигнувъ извѣстнаго уровня, течетъ по особой трубѣ въ яму для амміачной воды.

Очистители — это желѣзные ящики съ нѣсколькими рѣшетками; на каждой изъ нихъ помѣщаютъ слой измельченной желѣзной руды, очистительной массы. Газъ проходитъ чрезъ нѣ-

сколько такихъ ящиковъ, а затѣмъ чрезъ ящики, на рѣшеткахъ которыхъ насыпана известь. Всѣ эти ящики закрыты крышками, устроенными такъ, что газъ не можетъ выйти наружу (см. *Д* на схемѣ газоваго завода).

Мало-по-малу водная окись желѣза въ ящикахъ переходитъ въ сѣрнистое желѣзо и ціанистыя соединенія и перестаетъ очищать газъ. Тогда перестаютъ пропускать газъ чрезъ соотвѣтственный ящикъ, массу изъ него вынимаютъ и раскладываютъ на нѣсколько дней въ воздухѣ: сѣрнистое желѣзо окисляется, выдѣляется сѣра, и масса снова можетъ поглощать сѣроводородъ. Такъ поступаютъ нѣсколько разъ, пока масса не станетъ совсѣмъ негодной для очистки — это отработавшая масса; тогда ее замѣняютъ свѣжей.

Изъ очистителей газъ проходитъ чрезъ газомѣритель или *газовые часы*, посредствомъ которыхъ производится учетъ коли-



Черт. 205. Схема газоваго завода.

чества полученнаго газа, а оттуда по широкой трубѣ въ сборникъ для газа — *газгольдеръ*, помѣщаемый въ отдѣльномъ зданіи (см. *Е* и *Ж* на схемѣ газоваго завода).

Газгольдеръ представляетъ желѣзный колпакъ, составленный изъ нѣсколькихъ частей и плавающій надъ водой. Вода эта налита въ бассейнъ изъ водонепроницаемаго матеріала. Надъ водой подъ колоколомъ открываются 2 трубы: по одной газъ притекаетъ съ завода въ газгольдеръ, по другой уходитъ чрезъ регуляторъ къ мѣстамъ потребленія. Поступающій газъ давитъ на стѣнки газгольдера и заставляетъ ихъ выдвигаться изъ воды; съ другой стороны, когда потребленіе газа больше, чѣмъ его образованіе на заводѣ (напримѣръ, вечеромъ), колоколъ садится въ воду.

Свѣтильный газъ служитъ для освѣщенія улицъ и помѣщеній, для нагрѣванія, для приведенія въ движеніе (газовые двигатели). Коксъ идетъ какъ топливо, для металлургическихъ цѣлей и въ кузницы. Изъ амміачной воды получаютъ концентрированный растворъ амміака, идущій для приготовленія искус-

ственнаго льда и для лѣчебныхъ цѣлей (нашатырный спиртъ); изъ нея же приготовляютъ амміачныя соли, употребляющіяся очень часто какъ удобреніе. Изъ отработавшей газоочистительной массы приготовляютъ синюю краску, берлинскую лазурь, и желтое синь-кали, изъ котораго получаютъ ціанистый калій, употребляющійся при добычѣ золота изъ рудъ.

Особенно большое значеніе имѣетъ каменноугольная смола. Ее подвергаютъ *дробной перегонкѣ;* наливаютъ въ перегонный кубъ и начинаютъ нагрѣвать сначала осторожно, потомъ болѣе энергично: содержащіяся въ смолѣ вещества перегоняются и, проходя чрезъ холодильникъ, сгущаются въ жидкости, собирающіяся въ различные пріемники. Такъ получаются масла: легкое, карболовое, тяжелое, антраценовое и пекъ. Тяжелое масло и пекъ служатъ для пропитыванія дерева, кровельнаго толя и т. п. Изъ прочихъ маселъ получаютъ бензолъ, карболовую кислоту, нафталинъ и ализаринъ. Эти вещества имѣютъ самое разнообразное примѣненіе, но въ особенности служатъ для приготовленія безчисленнаго множества красокъ всѣхъ цвѣтовъ и оттѣнковъ.

Перегонка нефти. Нефть — черная жидкость, представляетъ смѣсь цѣлаго ряда углеводородовъ, кипящихъ при различной температурѣ, съ небольшою примѣсью кислородныхъ соединеній. Ее подвергаютъ обыкновенно *дробной перегонкѣ* въ желѣзныхъ горизонтальныхъ котлахъ, нагрѣваемыхъ голымъ огнемъ. Выдѣляющіеся пары проходятъ чрезъ холодильникъ, гдѣ сгущаются въ жидкость, собирающуюся въ различные пріемники, смотря по температурѣ перегонки или удѣльному вѣсу погона. Въ первый пріемникъ собираютъ погоны съ температурой кипѣнія до 150° Ц. — это *легкія* масла; во второй съ температурой 150° — 270° Ц. — это *осв*ѣ*тительныя* масла, или керосинъ; въ перегонномъ котлѣ остаются *нефтяные остатки* — черная густая жидкость. Имъ даютъ охладиться и тогда выпускаютъ въ особый пріемникъ.

Нефтяные остатки или употребляютъ какъ топливо, или перерабатываютъ на смазочныя масла, или подвергаютъ сухой перегонкѣ для полученія нефтянаго газа.

Для переработки на *смазочныя* масла нефтяные остатки наливаютъ въ перегонный котелъ, нагрѣваемый голымъ огнемъ, и въ него впускаютъ водяной паръ, перегрѣтый предварительно до 200° — 300° въ особыхъ трубкахъ — *перегрѣвателяхъ*. Такой паръ обволакиваютъ частицы высококипящихъ погоновъ, обладающихъ малою подвижностью, и способствуетъ болѣе быстрому удаленію отъ накаленныхъ стѣнокъ котла, чѣмъ предохраняетъ отъ даль-

нѣйшаго разложенія. Эти погоны, какъ и пары воды, сгущаются въ холодильникѣ въ жидкость, собираемую въ рядъ пріемниковъ: здѣсь, кромѣ воды, получаются *смазочныя* масла, а изъ котла по охлажденіи выпускаютъ *гудронъ*, идущій для приготовленія асфальта и какъ топливо.

Такимъ образомъ изъ легкихъ маселъ получаются нефтяной эфиръ, бензинъ, употребляющіеся для извлеченія жирныхъ маселъ, чистки и нефтяныхъ двигателей; изъ освѣтительныхъ маселъ — керосинъ, пиронафтъ и соляровое масло; изъ смазочныхъ маселъ: веретенное, машинное, цилиндровое масла, идущія на смазку, вазелинъ, идущій также для лѣчебныхъ цѣлей, и иногда парафинъ.

Для полученія *нефтяного газа* нефтяные остатки пускаютъ тонкой струей на раскаленныя стѣнки горизонтальныхъ или вертикальныхъ ретортъ, установленныхъ въ печи неподвижно: жидкіе тяжелые углеводороды разлагаются съ образованіемъ большого количества газообразныхъ продуктовъ. Удаленіе оставшихся парообразныхъ веществъ и очистка газа совершается подобно тому, какъ это дѣлается при полученіи свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля, но только значительно проще, такъ какъ въ нефтяныхъ остаткахъ содержится много меньше азотистыхъ и сѣнистыхъ соединеній.

7. Жиры; ихъ полученіе и переработка.

Въ клѣткахъ растеній, пропитывая протоплазму и собираясь каплями въ клѣточномъ соку, образуются жирныя масла. Эти масла въ нѣкоторыхъ частяхъ растеній, особенно плодахъ, собираются въ значительномъ количествѣ. Точно такъ же въ соединительной ткани, особенно въ подкожной клѣтчаткѣ, многихъ животныхъ скопляется въ большомъ количествѣ жиръ. Встрѣчается онъ также въ небольшомъ количествѣ и въ мышечной ткани; большія же отложенія его — явленія болѣзненныя. Жиръ находится также въ выдѣленіяхъ молочныхъ железъ, образуя въ смѣси съ бѣлковыми и сахаристыми веществами весьма прочную эмульсію — молоко.

Какъ растительныя жирныя масла (конопляное, оливковое, кокосовое и др.), такъ и животные жиры (сало, коровье масло, ворвань и др.) употребляются въ пищу и служатъ для освѣщенія и лѣчебныхъ цѣлей; перерабатываются они также и на другіе продукты: маргаринъ (идетъ въ пищу), олифу, мыло, свѣчи, глицеринъ и пр. Жиры и жирныя масла бываютъ бѣлаго, желтаго, оранжеваго и др. цвѣтовъ, въ зависимости отъ

примѣсей, которыми они сопровождаются. Твердые, густые или жидкіе, при обыкновенной комнатной температурѣ, они плавятся или дѣлаются жиже при нагрѣваніи; если нагрѣвать сильно, то они темнѣютъ, вкусъ ихъ мѣняется, и при очень высокой температурѣ они выдѣляютъ удушливый, ѣдкій газъ—*акролеинъ*, запахъ котораго хорошо извѣстенъ каждому, кто хоть разъ былъ въ комнатѣ, гдѣ было разлито масло на горячую плиту. Жиры не растворяются въ водѣ, но хорошо смѣшиваются съ ней, если прибавить углекислой или слабой ѣдкой щелочи, или бѣлковыхъ веществъ; зато они хорошо растворяются въ эѳирѣ, бензинѣ, сѣроуглеродѣ. По составу своему жиры представляютъ собою глицериды, т.-е. соединенія глицерина съ жирными кислотами (см. т. I Біохимію); послѣднихъ входитъ въ составъ жировъ, главнымъ образомъ, три: стеариновая, пальмитиновая и олеиновая. Кромѣ нихъ, въ, такъ называемыя, высыхающія масла входитъ въ большомъ количествѣ льняная, и въ коровье масло масляная кислота и др. Соединеніе глицерина съ стеариновой кислотой называется стеариномъ (но это не то, что обыкновенно извѣстно подъ этимъ именемъ), соотвѣтствующія соединенія глицерина съ другими кислотами носятъ названіе пальмитина, олеина, линолеина и т. д. Стеаринъ и пальмитинъ — твердыя вещества, прочія — жидкія. Чѣмъ больше въ данномъ жирѣ стеарина, тѣмъ оно тверже; чѣмъ больше олеина или линолеина, тѣмъ оно мягче или жиже. При кипяченіи жира съ растворомъ крѣпкой ѣдкой щелочи онъ *обмыливается*, т.-е. распадается на глицеринъ и жирныя кислоты, которыя тотчасъ же соединяются съ ѣдкой щелочью, образуя мыла. Мыла растворимы въ водѣ, но нерастворимы въ соленой водѣ и въ крѣпкой ѣдкой щелочи (исключеніе представляетъ мыло изъ кокосоваго масла). Если кипятить жиръ съ растворомъ извести, то получится тоже мыло — известковое, но такое мыло не растворяется въ водѣ. Если къ мылу (въ растворѣ или въ твердомъ состояніи) прибавить сѣрной кислоты, то оно разлагается на щелочь, которая, соединяясь съ сѣрной кислотой, даетъ соль этой кислоты и соотвѣтственную *жирную кислоту*. Жирныя кислоты бываютъ жидкія (напримѣръ, олеиновая, льняная) и твердыя (напримѣръ, стеариновая, пальмитиновая) при обыкновенной температурѣ, плавящіяся при нагрѣваніи; онѣ растворяются въ винномъ спиртѣ, нѣкоторыя (напримѣръ, масляная) растворяются въ водѣ, большинство же въ ней не растворяются; при прибавленіи ѣдкихъ или углекислыхъ щелочей или извести образуютъ мыла. При сильномъ нагрѣваніи жирныя кислоты разлагаются; если же въ сосудъ съ ними пропускать перегрѣтый водяной паръ, то онѣ перегоняются вмѣстѣ

съ паромъ безъ разложенія. При стояніи на воздухѣ, особенно на свѣту въ тепломъ мѣстѣ, жиры прогорькаютъ, разлагаясь частью на глицеринъ и соотвѣтственныя жирныя кислоты. Такое разложеніе обусловливается, главнымъ образомъ, дѣйствіемъ особыхъ ферментовъ, *липазъ*, встрѣчающихся какъ въ животныхъ, такъ и въ растеніяхъ, и переходящихъ изъ нихъ въ жиръ (см. т. V «Нар. Энц.» Пищевареніе). Жиры также разлагаются съ образованіемъ жирныхъ кислотъ при нагрѣваніи въ особыхъ сосудахъ съ водянымъ паромъ подъ очень большимъ давленіемъ или съ крѣпкой сѣрной кислотой подъ давленіемъ, или даже безъ давленія. Нѣкоторые жиры (высыхающія масла) при нагрѣваніи окисляются, густѣютъ и способны давать плотный слой, *линоксинъ*, предохраняющій покрытые имъ предметы отъ дѣйствія воздуха, воды и пр. Зная всѣ эти свойства, ясно, какимъ образомъ можно получить жиры и переработать ихъ на другіе полезные для человѣка продукты.

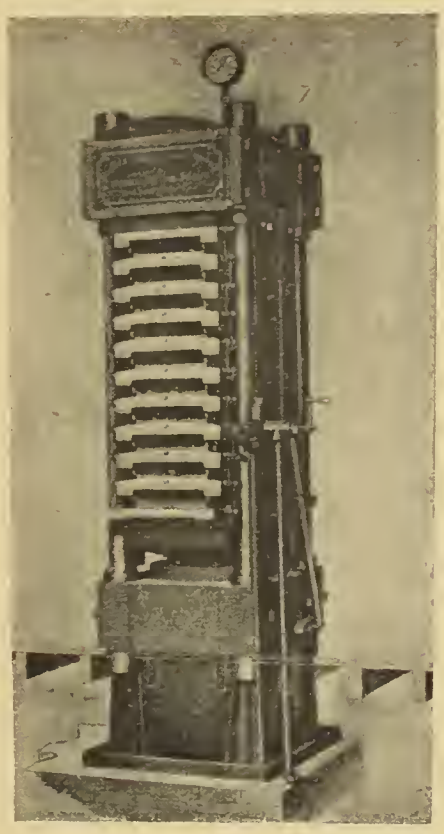
Полученіе жировъ. Первою подготовительной работой является тщательное удаленіе сора, пыли и постороннихъ веществъ. Это дѣлается при помощи разныхъ вѣялокъ и сортировокъ, послѣ чего сѣмена, орѣхи маслянистыхъ растеній хранятся извѣстное время въ особыхъ амбарахъ. При этомъ измѣняются нѣкоторыя азотистыя вещества, сопровождающія жирныя масла, такъ что потомъ масло получается менѣе мутнымъ, нежели безъ такого храненія. Наоборотъ, сало и другія части животныхъ, содержащія жиры, по удаленіи мяса, хрящей и пр. и хорошей промывкѣ нельзя долго хранить: здѣсь бѣлковыя вещества, сопровождающія жиры, очень быстро разлагаются.

Маслянистыя сѣмена, орѣхи послѣ храненія *измельчаются* въ толчеяхъ, на жерновахъ, бѣгунахъ и въ особенности между вальцами, чтобы разрушить, изорвать, истереть не только оболочку сѣмени или орѣха, но и клѣтокъ, содержащихъ жирныя масла, и тѣмъ облегчить ихъ вытеканіе впослѣдствіи. Въ тѣхъ случаяхъ, когда оболочка сѣмени легко раскалывается и легко отдѣляется отъ зерна (напримѣръ, сѣмена подсолнечника), измельченію предшествуетъ лущеніе между жерновами и отвѣиваніе шелухи. Для менѣе твердыхъ сѣмянъ употребляютъ вальцы гладкіе, для болѣе твердыхъ вальцы усажены выступами, ножами и пр.; во второмъ случаѣ ставятъ вальцовъ большее количество, нежели въ первомъ. Не надо забывать, что излишнее измельченіе тоже вредно: масса дѣлается такъ плотна, что изъ нея трудно извлекается жиръ. Чтобы увеличить подвижность жирнаго масла, а съ другой стороны, свернуть нѣкоторыя азотистыя вещества, сопровождающія его, и тѣмъ сдѣлать ихъ не-

растворимыми, измельченныя сѣмена или орѣхи *нагрѣваютъ* до 70 — 80 градусовъ на подогрѣвателяхъ, нагрѣваемыхъ голымъ огнемъ или паромъ. При этомъ надо сѣмена и пр. тщательно перемѣшивать, чтобы нагрѣвъ былъ равномѣрный, и сѣмя не пригрѣло, что особенно легко можетъ быть при нагрѣвѣ голымъ огнемъ. Затѣмъ слѣдуетъ самое извлеченіе масла; это достигается или при помощи давленія, *прессованія*, либо при помощи растворенія, *экстракціи*. Если измельченное сѣмя, иначе мязгу завернуть въ ткань и затѣмъ сильно надавливать, то масло вытекаетъ изъ клѣтокъ и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе; это масло проходитъ черезъ ткань и можетъ быть собрано при помощи различныхъ приспособленій въ особые сосуды. Есть различные аппараты, пресса, при помощи которыхъ происходитъ извлеченіе масла прессованіемъ: винтовые, рычажные, клиновые, гидравлическіе и друг. Изъ нихъ лучше всего работаютъ *гидравлическіе* пресса. При помощи насоса нагнетаютъ воду въ стальной цилиндръ пресса (см. т. I Физику) на поршнѣ котораго находится измельченное сѣмя, завернутое въ ткань изъ верблюжьяго, конскаго и коровьяго волоса и переложенное рядомъ прессовыхъ досокъ или пластинъ (черт. 206) до тѣхъ поръ, пока все это не достигнетъ неподвижной головы пресса. Тогда мязга начинаетъ сжиматься прессовыми досками и масло вытекать, просачиваться черезъ ткань и литься по бокамъ пресса въ ниже лежащіе желоба, оттуда — въ особые сосуды.

Нагнетаніе воды продолжается до тѣхъ поръ, пока манометръ не покажетъ извѣстнаго давленія, поддерживаютъ его, пока течетъ масло, а затѣмъ постепенно уменьшаютъ: тогда ныряло идетъ внизъ, вся масса опускается и прессъ разгружаютъ. Отпрессованная мязга называется *жмыхомъ*, и онъ тѣмъ тверже, чѣмъ больше было давленіе и тѣмъ больше выдѣляется масла, но зато тѣмъ больше проходитъ черезъ ткань и бѣлковыхъ, слизистыхъ и другихъ веществъ. Поэтому обыкновенно дѣлаютъ два прессованія: сначала прессуютъ подъ давленіемъ до 100 атмосферъ, получаютъ болѣе свѣтлое масло, идущее часто въ пищу: жмыхи измельчаютъ на бѣгунахъ, нагрѣваютъ и прессуютъ уже подъ давленіемъ, доходящемъ до 300 атмосферъ: вытекаетъ еще масло, но уже болѣе темное, идущее для разныхъ надобностей, жмыхи же послѣ второго прессованія получаются очень твердые, содержатъ масла не болѣе 6 — 10%, и послѣ сушки идутъ, главнымъ образомъ, ка кормъ скоту. Сѣмя передъ первымъ прессованіемъ часто не нагрѣваютъ, чтобы получить болѣе свѣтлое масло. Можно извлечь масло при помощи растворенія, *экстракціи*. Съ этою

цѣлью въ особый сосудъ, экстракторъ, черезъ лазъ кладутъ кусокъ ткани, засыпаютъ измельченное сѣмя, покрываютъ тканью и герметически закрываютъ. Послѣ этого постепенно приливаютъ растворителя — петролейный эѳиръ, бензинъ, сѣроуглеродъ и др. Растворитель извлекаетъ масло и вмѣстѣ съ нимъ течетъ въ другой сосудъ, дестилляторъ, нагрѣваемый «глухимъ» паромъ (см. «Винокуреніе»); масло остается, и растворитель обращается въ паръ, сгущающійся въ холодильникѣ, изъ котораго онъ снова поступаетъ въ экстракторъ, гдѣ извлекаетъ новое количество масла и т. д. Работа идетъ до тѣхъ поръ, пока вытекающая изъ экстрактора жидкость не станетъ безцвѣтной. Тогда при помощи пара удаляютъ остатки растворителя изъ экстрактора, который затѣмъ разгружаютъ. Полученная масса рыхла, содержитъ не болѣе 1—2% масла и хуже поѣдается скотомъ.



Черт. 206. Гидравлическій прессъ.

Полученному тѣмъ или инымъ способомъ маслу даютъ отстояться и затѣмъ фильтруютъ, когда хотятъ отдѣлить отъ воды, черезъ паклю, опилки, мохъ и т. п.; если же масло безъ воды, то его фильтруютъ либо прямо черезъ холстъ и войлокъ, либо при помощи особыхъ аппаратовъ, фильтръ-прессовъ. Такъ отдѣляютъ масло отъ механическихъ примѣсей; чтобы удалить изъ масла различныя азотистыя вещества, тщательно перемѣшиваютъ его съ небольшимъ количествомъ крѣпкой сѣрной кислоты, обугливающей и осаждающей эти вещества, даютъ отстояться, отцѣживаютъ, промываютъ и фильтруютъ; запахъ уничтожаютъ, фильтруя черезъ древесный уголь или пропуская струю пара. *Животные жиры* послѣ промывки разрѣзаются и истираются при помощи вальцевъ или другихъ измельчающихъ аппаратовъ, послѣ чего подвергаются *вытапливанію* сухому или влажному. Если нагрѣвать измельченный жиръ безъ воды, на голомъ огнѣ, или при помощи «глухого» пара, или нагрѣтаго воздуха, то оболочки лопаются, жиръ вытекаетъ и собирается

вверху, тогда какъ разорванныя оболочки падаютъ на дно, образуя *шквару*. Давъ отстояться, жиръ сцѣживаютъ, и шквару отжимаютъ отъ оставшагося жира, послѣ чего послѣдній очищаютъ подобно растительнымъ масламъ. Влажное вытапливаніе состоитъ въ томъ, что измельченный жиръ нагрѣваютъ съ водой или паромъ въ открытомъ или закрытомъ котлѣ, въ послѣднемъ случаѣ подъ давленіемъ.

Мыловаренное производство. Жиры обмыливаются ѣдкими щелочами, но если взять сразу крѣпкой щелочи, то обмыливаніе произойдетъ только съ поверхности, и образовавшаяся пленка мыла, нерастворимаго въ крѣпкой щелочи, затруднитъ дальнѣйшій доступъ ея къ жиру. Поэтому въ котелъ помѣщаютъ жиры, приливаютъ слабый растворъ ѣдкаго натра и нагрѣваютъ на голомъ огнѣ или паромъ. Слабый растворъ ѣдкой щелочи разбиваетъ жиръ на мельчайшіе шарики и по истеченіи нѣсколькихъ часовъ варки образуется прочная *эмульсія*, гдѣ каждый шарикъ жира покрытъ растворомъ ѣдкой щелочи; тогда прибавляютъ крѣпкій растворъ той же щелочи и, усиливая нагрѣвъ, *уваривают до клея*: теперь уже произошло омыленіе, образованіе мыла и глицерина. Послѣ этого приступаютъ къ *отсолкѣ:* прибавляютъ поваренной соли и небольшое количество болѣе крѣпкаго раствора ѣдкаго натра, нерастворимое мыло собирается комками наверху, а внизу собирается глицеринъ и соляной растворъ; это называется *уариваніемъ до ядра*. Всю массу оставляютъ въ покоѣ на нѣсколько часовъ, а затѣмъ счерпываютъ отстоявшееся мыло въ желобъ, а оттуда въ формы (большею частью деревянныя), гдѣ оно застываетъ. Такъ получаютъ твердое *ядровое* мыло: оно содержитъ очень мало воды. Если не прибавлять соли и крѣпкаго раствора ѣдкаго натра, а подъ конецъ сильно уварить, то мыло не отдѣляется отъ глицерина и излишней воды. Такое мыло по охлажденіи въ формахъ застываетъ въ одну массу, если охлажденіе велось медленно и равномѣрно. Такъ получаютъ *клеевое* мыло: оно хотя и твердо, но содержитъ часто много воды, глицерина; такое мыло сильно усыхаетъ и при мытьѣ его идетъ больше, чѣмъ ядроваго. Часто незадолго до конца варки добавляютъ какой-либо нерастворимой краски (ультрамаринъ, мумію и т. п.) и тогда, если охлажденіе велось правильно, получаютъ *мраморное* мыло: прожилки образуются потому, что краска собирается въ олеиново-натровой соли (мылѣ), застывающей позже другихъ солей (мылъ).

Если жиръ замѣнить смолой, канифолью, или ѣдкій натръ ѣдкимъ кали, то получимъ не твердое, а жидкое (вязкое) мыло.

При варкѣ мыла добавляютъ и другихъ веществъ, но такія *наполненныя* мыла очень быстро смыливаются. Мыло, вынутое изъ формы, разрѣзается на части и пускается въ продажу.

Для приготовленія *туалетнаго* мыла чаще всего хорошее ядровое мыло рѣжутъ и измельчаютъ въ стружки при помощи особыхъ машинъ; стружки медленно и тщательно высушиваютъ въ сушилкахъ, слегка увлажняютъ, обливаютъ ароматическими веществами, пересыпаютъ красками и при помощи вальцовъ и штамповъ превращаютъ въ куски опредѣленной величины.

Стеариновое производство. Работу начинаютъ съ выдѣленія *жирныхъ кислотъ*. Для этого жиры нагрѣваютъ съ известью въ закрытомъ котлѣ подъ давленіемъ. При этомъ изъ части жира образуется глицеринъ и известковое мыло, которое разлагается отъ дѣйствія пара высокаго давленія на жирныя кислоты и известь, дѣйствующую на другую часть жира и т. д. По прошествіи извѣстнаго времени, въ котлѣ жира не остается вовсе и тогда изъ котла выпускаютъ всю массу въ особый сосудъ, въ которомъ даютъ отстояться: наверху собираются жирныя кислоты и небольшое количество известковаго мыла, а внизу водный растворъ глицерина. Спустивъ нижній слой, добавляютъ сѣрной кислоты средней крѣпости и нагрѣваютъ для разложенія мыла, при этомъ сѣрноизвестковая соль (гипсъ) падаетъ на дно, жирныя же кислоты всплываютъ наверхъ. По отдѣленіи нижняго слоя ихъ тщательно промываютъ и по желобу спускаютъ въ небольшія плоскія формы, гдѣ онѣ и застываютъ при медленномъ охлажденіи.

Можно иначе получить жирныя кислоты: къ жирамъ добавляютъ воды, небольшое количество слабой уксусной кислоты и водной вытяжки изъ измельченнаго кастороваго сѣмени или нѣкоторыхъ другихъ сѣмянъ и оставляютъ стоять при 20—35° Цельсія по временамъ тщательно перемѣшивая: содержащаяся въ водной вытяжкѣ липаза (см. выше) разлагаетъ жиры, образуя глицеринъ и жирныя кислоты.

Застывшія кислоты послѣ измельченія завертываютъ въ мѣшки или салфетки и прессуютъ подъ большимъ давленіемъ сначала безъ нагрѣванія, а потомъ съ нагрѣваніемъ, пуская паръ въ прессовыя плиты: олеиновыя и другія жидкія кислоты вытекаютъ, а стеариновая и пальмитиновая кислоты остаются въ ткани. Вынувъ ихъ оттуда, переплавляютъ, освѣтляютъ, спускаютъ въ формы, гдѣ даютъ медленно охлаждаться: получаютъ то, что обыкновенно извѣстно подъ названіемъ *стеарина*.

Приготовленіе свѣчей. Стеариновыя свѣчи готовятъ *отливкой*, для чего служатъ свѣчедѣлательныя машины. Каждая изъ нихъ

представляетъ станокъ, въ которомъ закрѣплены формы, совершенно гладкія внутри, черезъ которыя проходятъ при помощи особыхъ приспособленій фитили; надъ формами помѣщенъ ящикъ, куда наливаютъ стеариновое молочко (такъ называемый стеаринъ, нагрѣтый только до расплавленія). Молочко стекаетъ въ формы, тамъ застываетъ, и готовыя свѣчи поднимаются особеннымъ способомъ вверхъ, здѣсь обрѣзаются и потомъ отдѣлываются: промываются, сушатся, полируются и т. п.

Фитили для такихъ свѣчей дѣлаются изъ хлопчатой бумаги, плетеные, почему они, благодаря натяженію во время горѣнія, загибаются, и конецъ такого фитиля попадаетъ въ окислительную часть пламени, гдѣ сгораетъ дотла, не давая нагара.

Приготовленіе олифы. Для этого пользуются высыхающими маслами (льнянымъ, конопляннымъ и др.). Наливаютъ ихъ въ котелъ, добавляютъ туда окисловъ металловъ (сурику, глету и др.) и сильно нагрѣваютъ: при этомъ масла сильно густѣютъ, окисляются — получается *олифа*. Если покрыть какую-нибудь поверхность олифой, то она скоро высыхаетъ и даетъ прозрачный, стекловидный слой, предохраняющій покрытые ею предметы отъ дѣйствія воздуха, воды и пр. Олифа, растертая съ разными красками, даетъ *масляныя краски*, а растворъ разныхъ смолъ въ олифѣ образуетъ *масляные лаки*.

Полученіе маргарина. Промытое и тщательно измельченное сало помѣщаютъ въ котелъ, куда добавляютъ поташу и 1—2 мелко изрубленныхъ телячьихъ желудка и нагрѣваютъ до 45° Цельсія: подъ вліяніемъ ферментовъ, заключающихся въ желудочномъ сокѣ (см. т. V «Нар. Энц.»), жиръ освобождается отъ заключающихъ его оболочекъ. Иногда поташъ и желудки замѣняютъ фосфорнокислой известковой солью и соляной кислотой. Затѣмъ фильтруютъ, добавляютъ поваренной соли и даютъ отстояться. Свѣтло-желтый жиръ разливаютъ въ плоскія формы, которыя ставятъ на извѣстное время въ помѣщеніи, нагрѣваемомъ все время до 20 — 25° Цельсія: при этомъ большая часть стеарина выдѣляется въ видѣ кристалловъ.

Вынувъ массу изъ формъ, завертываютъ ее въ ткань и прессуютъ на гидравлическихъ прессахъ: въ ткани остается стеаринъ съ примѣсью пальмитина, а вытекаетъ *олеомаргаринъ*. Послѣдній смѣшиваютъ въ маслобойкѣ съ молокомъ, вытяжкой изъ изрубленнаго вымени и разныхъ растительныхъ маселъ и, когда образуется масло, тщательно отжимаютъ, солятъ и пускаютъ въ продажу подъ названіемъ *маргарина*. Маргаринъ, приготовленный изъ безусловно свѣжихъ продуктовъ, удобоваримѣе сала, въ противномъ случаѣ вреднѣе его.

8. Кожевенное производство.

Шкуры, только что снятыя съ животныхъ, не годны къ употребленію: онѣ легко поглощаютъ воду, набухаютъ, а затѣмъ пропускаютъ воду; въ сыромъ видѣ очень скоро загниваютъ; высушенныя дѣлаются твердыми и ломкими; при кипяченіи съ водой онѣ легко обращаются въ клей. Если разсматривать тонкій срѣзъ такой шкуры подъ *микроскопомъ*, то увидимъ, что она состоитъ изъ трехъ слоевъ: надкожицы — *эпидермиса*, собственно *кожи* и *подкожной клѣтчатки* (см. Нар. Энц., т. V, стр. 180).

Эпидермисъ состоитъ изъ 2 слоевъ—рогового снаружи и слизистаго. Собственно кожа состоитъ изъ длинныхъ, тончайшихъ волоконецъ, *фибрилль*, которыя соединяются въ группы и образуютъ волокна кожи, тѣ же въ свою очередь соединены въ *пучки волоконъ*; соединеніе между ними достигается съ помощью *межволоконнаго вещества*. Верхній слой собственно кожи состоитъ изъ волоконъ, параллельныхъ поверхности, дальше идутъ наклонныя, а внизу снова волокна принимаютъ направленіе параллельное поверхности и переходятъ въ подкожную клѣтчатку.

Параллельныя волокна верхняго слоя у самой поверхности переходятъ въ ороговѣлый тончайшій *гіалиновый слой*, образующій такъ называемое *лицо* кожи. Подкожная клѣтчатка богата присутствіемъ жировыхъ клѣтокъ, потовыхъ железъ, выводные протоки которыхъ проходятъ черезъ всю толщу шкуры. Шкуры большинства животныхъ покрыты волосами—шерстью. Стержень волоса проходитъ черезъ каналъ, проникающій черезъ собственно кожу, и оканчивается расширеніемъ—*волосяной луковицей*. Между волосомъ и боковыми стѣнками того углубленія въ собственно кожѣ, куда онъ погруженъ, находятся слои—роговой, слизистый и гіалиновый; слизистый слой внизу сливается съ веществомъ волосяной луковицы. Въ каналъ, черезъ который проходитъ волосъ, открываются протоки отъ сальныхъ железъ. Въ шкурѣ, кромѣ того, находятся кровеносные и лимфатическіе сосуды, нервы, мускулы и эластическія волокна.

Матеріаломъ, годнымъ для разныхъ подѣлокъ, служитъ лишь собственно кожа и эластическія волокна, все же прочее должно быть удалено; впрочемъ, когда желаютъ сохранить волосъ, то оставляютъ и эпидермисъ, образованіемъ котораго является волосъ.

Но мало того, чтобы удалить наиболѣе поддающіеся гніенію слои шкуры (особенно подкожную клѣтчатку), надо удалить все постороннее изъ собственно кожи (*коріума*), предохранить ее отъ гніенія и улучшить ея физическія свойства: сообщить упру-

гость, бо́льшую или меньшую твердость, толщину, водонепроницаемость, извѣстный блескъ и окраску и т. п., не попортивъ при этомъ лица—гіалиноваго слоя.

Шкуры, снятыя съ животныхъ, или отправляютъ тотчасъ на заводъ парными, или замораживаютъ, солятъ, или высушиваютъ, иначе онѣ могутъ загнить. На заводѣ ихъ прежде всего промываютъ въ водѣ, въ чанахъ, а иногда прямо въ текучей водѣ, чтобы удалить кровь, слизь, грязь, соль и чтобы шкуры размякли, послѣ чего ихъ раскладываютъ на колодахъ волосомъ внизъ и особымъ ножомъ, тупикомъ, осторожно удаляютъ мясо, жиръ, жилы, копыта и т. п. и расправляютъ шкуры со стороны *бахтармы*—подкожной клѣтчатки: это называется *первымъ мяздреніемъ*.

Затѣмъ приступаютъ къ подготовкѣ шкуры къ сбивкѣ волоса или *золкѣ*. Цѣль этой работы состоитъ въ разрушеніи слизистаго слоя эпидермиса, который сливается съ веществомъ волосяныхъ луковицъ. Въ составъ эпидермиса входитъ азотистое вещество *кератинъ* съ большимъ содержаніемъ сѣры. Это вещество легко разрушается гнилостными бактеріями, известью, ѣдкими и сѣрнистыми щелочами. Самую золку производятъ либо *припариваніемъ*, либо въ *зольникахъ*.

Для припариванія или потѣнія шкуры складываются каждая по длинѣ пополамъ мясной стороной внутрь и затѣмъ вмѣстѣ столбомъ одна на другую 20—30 штукъ, въ особомъ помѣщеніи. Тогда онѣ внутри согрѣваются, здѣсь быстро развиваются гнилостныя бактеріи, выдѣляется амміакъ, разрушающій слизистый слой, а вмѣстѣ съ нимъ и волосяныя луковицы. Этотъ способъ часто примѣняютъ, когда хотятъ сохранить волосъ, шерсть, напр.: при выдѣлкѣ бараньихъ, овечьихъ кожъ.

Другой способъ состоитъ въ томъ, что шкуры кладутъ въ особый чанъ, зольникъ, съ известковымъ молокомъ; по прошествіи нѣсколькихъ дней шкуры оттуда вынимаютъ и перекладываютъ тоже на извѣстное время въ другой зольникъ, въ которомъ уже побывали другія шкуры. Отъ дѣйствія извести разрушается слизистый слой съ выдѣленіемъ амміака, а если не досмотрѣть, то можетъ разрушиться не только волосъ, но и коріумъ. Часть известковаго молока замѣняютъ иногда ѣдкимъ натромъ, сѣрнистымъ натромъ и сѣрнистымъ мышьякомъ (аурипигментъ).

Вмѣсто вымачиванія въ зольникахъ иногда намазываютъ шкуры густымъ известковымъ молокомъ съ сѣрнистымъ мышьякомъ или съ сѣрнистыми щелочами со стороны бахтармы и складываютъ ихъ пополамъ: такая смѣсь быстро дѣйствуетъ—всего

въ нѣсколько часовъ. Известь и ѣдкія щелочи омыляютъ также жиры, содержащіеся въ шкурѣ, при чемъ образующіяся натровыя мыла растворимы, а известковыя не растворимы въ водѣ. Послѣ золки шкуры помѣщаютъ на короткое время въ чанъ съ водой, гдѣ побывали уже раньше другія очищенныя отъ волоса шкуры: такая слабощелочная вода содержитъ различныя вещества, дѣйствующія благопріятно на кожу.

Шкуры затѣмъ раскладываютъ на колодахъ волосомъ вверхъ и тупикомъ сбиваютъ волосъ, который теперь легко «идетъ»: это называется *дерненіемъ*. Послѣ дерненія шкуры промываютъ въ водѣ, растворяющей содержащіяся въ шкурѣ мыла (не известковыя). Послѣ промывки подвергаютъ второму *мяздренію* на колодахъ, удаляя при этомъ бахтарму и выравнивая кожу, срѣзая болѣе толстыя мѣста, голову и т. п.

Теперь часто дерненіе и мяздреніе на колодахъ замѣняютъ работой на особыхъ машинахъ. При помощи другого рода машинъ *двоятъ* кожи, т.-е. раздѣляютъ ихъ по толщинѣ на 2 и болѣе частей, при чемъ наиболѣе цѣнной является та часть, на которой осталось лицо, т.-е. гіалиновый слой.

Послѣ золки въ кожѣ остается часть извести, известковыя мыла, остатки волоса, растворимое кожное вещество, растворимыя соединенія извести съ нимъ, такъ наз. «грязь» и пр.; кромѣ того, кожа во многихъ случаяхъ недостаточно разбухла и мягка. Поэтому такія кожи подвергаются *бученію*.

Въ зависимости оттого, для какихъ подѣлокъ пойдетъ кожа, она бучится въ различныхъ веществахъ. Для подошвеннаго товара, отъ котораго требуется толщина, твердость, бученіе производятъ въ кислыхъ или сахаристыхъ растворахъ, приготовляя ихъ изъ соляной, уксусной, молочной кислотъ, старыхъ отработавшихъ дубильныхъ соковъ или патоки [1]). Эти вещества образуютъ съ известью растворимыя соединенія, жесткость кожи уменьшается и она сильно набухаетъ: такія кожи въ состояніи потомъ вбирать большое количество дубильной жидкости.

Для разнаго подѣлочнаго товара, отъ котораго требуется тонина, мягкость, эластичность, бученіе производятъ въ *шакшѣ*, способной удалять известь, известковыя соединенія и такъ наз. «грязь». Шакшей называютъ собачій или птичій (преимущественно голубиный) пометъ, который собираютъ, даютъ полежать и затѣмъ разбалтываютъ въ теплой водѣ. Въ готовой шакшѣ находятся опредѣленныя бактеріи, ферменты и другія органическія соеди-

[1]) Содержащійся въ патокѣ сахаръ, подъ вліяніемъ бактерій, сбраживаетъ съ образованіемъ уксусной или молочной кислоты.

ненія, дѣйствующія указаннымъ образомъ на кожу. Въ настоящее время готовятъ шакшу искусственно, и тѣмъ устраняется изъ кожевеннаго производства одна изъ самыхъ негигіеничныхъ работъ.

Для окрашеннаго и перчаточнаго товара (напр., лайки), отъ котораго требуется въ особенности растяжимость, бученіе производятъ въ киселяхъ изъ мучныхъ или соломистыхъ отваровъ, разбалтывая муку или солому въ теплой водѣ и помѣщая туда кожи. Отъ начавшагося броженія въ такомъ киселѣ выдѣляется углекислота, водородъ и другіе газы, раздвигающіе волокна кожи, которая сильно набухаетъ. Подъ конецъ броженія образуются разныя кислоты, растворяющія известь въ кожѣ. Иногда послѣ шакшеванія производятъ бученіе въ киселяхъ.

Для бученія кожи кладутъ въ расправку въ чанъ и оставляютъ тамъ лежать нѣкоторое время; перебираютъ ихъ нѣсколько разъ, а затѣмъ вынимаютъ. Дѣлаютъ это для того, чтобы кожи всѣ равномѣрно пропитались бучильной жидкостью.

Часто послѣ бученія (особенно послѣ киселей) кожи подвергаютъ фасоннымъ работамъ — разминанію, растягиванію и т. п., вручную или при помощи машинъ.

Подготовленныя такимъ образомъ кожи пропитываютъ такими веществами, которыя, осѣвъ на волокнахъ кожи, предохранили бы ее отъ гніенія и сообщили бы ей водонепроницаемость. Этого достигаютъ при помощи *дубленія* растительными веществами, минеральными и жирами.

Въ корѣ многихъ растеній, напр., дуба, ивы, сосны, мимозы, находятся *дубильныя* вещества, растворимыя въ водѣ и обладающія способностью осаждаться не только на пучкахъ волоконъ кожи, но и на тончайшихъ ея фибриллахъ, вытѣсняя при этомъ всю воду изъ кожи, набухшей отъ предварительной обработки. Кору или другія части соотвѣтственныхъ растеній измельчаютъ, получаютъ такъ наз. *корье*, которое и употребляютъ для дубленія, или его настаиваютъ съ водой и получаютъ *сока* различной крѣпости, или, наконецъ, увариваютъ сока до густоты спропа и получаютъ *экстракты;* изъ послѣднихъ можно приготовить сока большой крѣпости.

Для дубленія въ особые чаны насыпаютъ слой корья, кладутъ одинъ рядъ кожъ, снова слой корья и такъ доверху, при чемъ на самомъ верху долженъ быть толстый слой корья; все это наливаютъ водой и оставляютъ на 1—2 мѣсяца. Въ это время вода извлекаетъ дубильныя вещества и пропитываетъ ими набухшія кожи. Затѣмъ кожи перекладываютъ въ другой чанъ, а потомъ и въ третій, при чемъ кожи, бывшія на верху, кладутъ

внизъ и наоборотъ, до тѣхъ поръ, пока кожи вполнѣ не продубятся и въ разрѣзѣ не будетъ прослоекъ. Это *пересыпочное* дубленіе; оно очень просто, зато продолжается слишкомъ долго.

Если кожи помѣщать въ *сока*, то онѣ продубливаются значительно скорѣе; само дубленіе ведутъ въ сокахъ все увеличивающейся крѣпости, иначе кожи затвердѣютъ только съ поверхности, а внутри останется *недодубъ*: такія кожи непрочны. Сокового дубленіе употребляется теперь очень часто. Собственно говоря, кожи и при пересыпочномъ дубленіи съ самаго начала подвергаются *заличкѣ*, помѣщая ихъ на короткое время въ очень слабый сокъ. Въ послѣднее время дубятъ иногда сразу въ крѣпкихъ нагрѣтыхъ сокахъ, приготовленныхъ изъ экстрактовъ, во вращающихся барабанахъ: дубленіе заканчивается очень быстро, но при неосторожности можно въ конецъ испортить кожи.

Обыкновенно *дублеными* называются кожи, дубленыя растительными веществами. Дубленіе можно производить и минеральными веществами: глиноземными и хромовыми солями.

Въ первыхъ случаяхъ кожи послѣ бученія помѣщаютъ въ растворъ квасцовъ и соли и держатъ тамъ извѣстное время при опредѣленной температурѣ; такъ получаютъ *сыромятныя* кожи, идущія, главнымъ образомъ, для шорнаго дѣла. Такія кожи менѣе прочны по отношенію къ водѣ.

Во второмъ случаѣ подготовленныя кожи помѣщаютъ или въ одинъ чанъ, въ которомъ находятся растворы хромовыхъ солей и соды, или сначала въ чанъ съ слабымъ растворомъ хромовой кислоты, а потомъ въ чанъ съ сѣроватистонатріевой солью (гипосульфитомъ). И въ томъ, и въ другомъ случаѣ на волокнахъ кожи осѣдаетъ водная окись хрома — получаются *хромовыя* кожи, очень прочныя.

Дубятъ также и жирами. Съ этой цѣлью подготовленныя кожи, съ которыхъ удалено и лицо (гіалиновый слой), тщательно натираются ворванью, желтками или льнянымъ масломъ и по нѣсколько штукъ помѣщаются во вращающійся барабанъ съ билами, отъ ударовъ которыхъ жиръ вдавливается между волокнами кожи. Жировку и валянье повторяютъ нѣсколько разъ, послѣ чего кожи развѣшиваются на жердяхъ для просушиванія, во время котораго жиры окисляются и въ такомъ состояніи не только отлагаются на поверхности волоконецъ кожи, но и соединяются съ ними. Затѣмъ снова жируютъ, валяютъ и сушатъ нѣсколько разъ. Наконецъ удаляютъ избытокъ неокисленнаго и несоединившагося съ волокнами жира промываніемъ въ содовомъ растворѣ съ послѣдующимъ отжиманіемъ. Такъ получаютъ

замшу, которая очень мягка, жирна наощупь, хорошо моется, но пропускаетъ воду и недостаточно крѣпка.

Послѣ дубленія кожи отжимаютъ отъ лишней воды и влажныя или сухія *жируютъ*. Для жировки употребляютъ: смоляныя масла, ворвань, сало, растительныя масла, дегру и т. п. *Дегрой* называется жирное вещество, которое получаютъ изъ содоваго раствора послѣ промывки замши; она особенно пригодна для жировки кожъ. Конечно, замша не жируется съ поверхности.

Послѣ жировки кожи или сушатъ на воздухѣ или въ закрытомъ помѣщеніи, или предварительно окрашиваютъ въ различные цвѣта и лакируютъ.

Послѣ жировки или окраски иногда на кожѣ обнаруживаются пятна: причиною ихъ появленія бываютъ неправильныя золки и бученіе, отчего можетъ быть повреждено лицо кожи. Лицо повреждается также и при неосторожной машинной работѣ.

Какъ до сушки, такъ и послѣ нея кожи, для приданія извѣстнаго вида, подвергаютъ *механической отдѣлкѣ*: разминанію, уколачиванію, стружкѣ, полировкѣ, шлифовкѣ, лощенію и т. п. Эта отдѣлка производится либо вручную, либо при помощи разнообразныхъ машинъ.

Подошвы дѣлаются изъ самыхъ толстыхъ шкуръ быковъ, коровъ и лошадей; болѣе тонкія шкуры идутъ на юфть; изъ шкуръ телятъ и жеребятъ приготовляются выростокъ, опоекъ и шагрень; на сафьянъ идутъ тонкія козловыя и бараньи шкуры; на лайку шкуры козлятъ и ягнятъ. На подошвы употребляютъ дубленыя кожи, для шорнаго дѣла—сыромятныя, для лайки—какъ сыромятныя, такъ и хромовыя кожи, на прочія издѣлія идутъ какъ дубленыя, такъ и хромовыя кожи.

Если желаютъ сохранить на кожѣ волосъ (напр., при выдѣлкѣ шубнаго товара), то золку пропускаютъ. Снятыя шкуры намазываютъ съ бахтармы гущей изъ муки, складываютъ вдвое каждую шкуру мясной стороной внутрь, накладываютъ другъ на друга и оставляютъ лежать нѣкоторое время; отъ дѣйствія образующихся при этомъ кислотъ (бученія) кожи дѣлаются мягкими, легко очищаются отъ нижняго слоя, послѣ чего ихъ натираютъ съ этой стороны порошкомъ мѣла и высушиваютъ. Для большихъ шкуръ намазываніе и пр. повторяютъ нѣсколько разъ, а къ гущѣ добавляютъ квасцовъ.

При выдѣлкѣ дубленыхъ овчинъ, послѣ бученія и разминанія расправленныя шкуры помѣщаются въ дубильные сока на извѣстное время: это повторяютъ нѣсколько разъ, послѣ чего онѣ промываются, высушиваются и отдѣлываются. Здѣсь часто примѣняютъ и пересыпочное дубленіе.

Отработавшее корье сушатъ и употребляютъ какъ топливо, волосъ идетъ на войлоки, рога и копыта — на выдѣлку желтаго синькали, обрѣзки же кожъ (особенно до дубки) — на клееваренные заводы. Клей готовятъ также и изъ костей, но свойства такого клея иныя.

9. Крашеніе, краски, печатаніе.

Крашеніе тканей существовало еще въ глубокой древности. Красильщики добывали краски изъ различныхъ растеній и путемъ опыта выучились закрѣплять ихъ на тканяхъ; но до тѣхъ поръ, пока къ красильному дѣлу не прилагали научныхъ знаній, оно плохо шло впередъ. Только тогда, когда ученые химики стали изучать краски и, благодаря изученію, стали искусственно готовить ихъ и изобрѣтать новыя, красильное искусство достигло высокой степени совершенства.

Отбѣлка хлопчатобумажныхъ и льняныхъ тканей. Предъ крашеніемъ ткани и пряжа отбѣливаются. При отбѣлкѣ бумажныхъ тканей начинаютъ съ того, что товаръ замачиваютъ тепловатой водой (на такъ называемой мойной машинѣ) и оставляютъ его лежать 8—12 часовъ; во время лежки крахмалъ, которымъ была закрахмалена основа ткани (см. пряденіе и ткачество), подъ вліяніемъ бактерій бродитъ, переходитъ въ растворимыя соединенія, и при послѣдующей промывкѣ сходитъ съ товара. Послѣ промывки товаръ варятъ въ закрытыхъ желѣзныхъ котлахъ съ слабымъ растворомъ ѣдкой щелочи; эта отварка дѣлается для того, чтобы удалить жиры, входящіе въ составъ «шлихты» (см. пряденіе и ткачество). Послѣ отварки ткань промывается водой для удаленія щелока, мыла, глицерина и только тогда поступаетъ въ отбѣлку.

Старый способъ отбѣлки дѣйствіемъ солнечнаго свѣта и воздуха (при выстиланіи на лугъ) теперь совсѣмъ оставленъ и замѣненъ отбѣлкой при помощи бѣлильной извести (см. Больш. химич. пром.), которая дѣйствуетъ какъ окислитель, уничтожая природную желтоватую окраску хлопка. Товаръ замачиваютъ въ слабомъ растворѣ бѣлильной извести, оставляютъ нѣкоторое время лежать, пропускаютъ на слабый растворъ кислоты (сѣрной для удаленія остатковъ бѣлильной извести), промываютъ и сушатъ.

Отбѣлка шерсти. Готовую шерстяную ткань сначала обезжириваютъ, промывая ее мыломъ или слабыми щелочами (углекислый аммоній), смываютъ холодной водой и отбѣливаютъ сѣрнистымъ газомъ. Товаръ вѣшаютъ въ комнатѣ, въ которой ставятъ горшокъ съ горящей сѣрой (см. Химію), при горѣніи ко-

торой образуется сѣрнистый газъ, обезцвѣчивающій шерсть; отбѣлка идетъ лучше, если воздухъ въ комнатѣ будетъ влажный.

Отбѣлка шелка. Отбѣлку ведутъ, отваривая шелкъ съ растворомъ такъ называемаго марсельскаго мыла (приготовленнаго изъ оливковаго масла), при чемъ смывается шелковичный клей, и шелкъ дѣлается мягкимъ наощупь; послѣ отварки шелкъ тщательно промывается и отбѣливается сѣрнистымъ газомъ.

Краски (пигменты). Вещества, которыя, закрѣпляясь на тканяхъ, пряжѣ и т. п., придаютъ имъ различные цвѣта, называются красками или пигментами; большинство красокъ, употребляемыхъ въ настоящее время въ крашеніи, приготовляютъ изъ, такъ называемой, каменноугольной смолы, получаемой при добываніи свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля.

Эти краски, благодаря дешевизнѣ каменноугольнаго дегтя, стоятъ гораздо дешевле, чѣмъ добываемыя изъ растеній, и потому онѣ совершенно вытѣснили естественныя краски. Но и до сихъ поръ еще есть нѣсколько естественныхъ пигментовъ, составъ которыхъ недостаточно изслѣдованъ и которыя искусственно еще не приготовлены.

Подраздѣленіе пигментовъ. Всѣ пигменты, какъ естественные, такъ и искусственные, можно раздѣлить на нѣсколько группъ, смотря по способу крашенія ими.

1) *Субстантивные пигменты.* Самыми простыми по употребленію являются пигменты, которые красятъ бумажную ткань безъ всякихъ закрѣпленій, и потому они называются прямокрасящими или субстантивными. Они всѣ приготовляются изъ каменноугольнаго дегтя и по химическому строенію представляютъ изъ себя соли и легко растворяются въ водѣ [1]). Къ этой же группѣ можно отнести такъ называемыя сѣрнистыя краски.

2) *Протравные пигменты.* Ко второй группѣ относятся пигменты, закрѣпляемые на ткани при помощи соли какого-нибудь металла; такія краски называются протравными. Изъ всѣхъ искусственныхъ красокъ этой группы особенно большимъ распространеніемъ пользуется *ализаринъ*. Этотъ пигментъ самъ по себѣ не окрашиваетъ бумажной ткани; если же ткань пропитать квасцами или солями олова, а затѣмъ подвергнуть дѣйствію раствора ализарина, то матерія окрашивается въ яркій пунцовый цвѣтъ, и получается кумачъ; еще въ недавнія времена эту краску получали изъ корня растенія *марены* (см. Введеніе къ III т.).

---

[1]) Въ этихъ соляхъ кислотой служитъ сложное органическое соединеніе (собств. краска), а металломъ натрій или калій. См. «Химія».

3) *Основные пигменты (таннинные).* Къ особой группѣ принадлежатъ краски, закрѣпляемыя на бумажной ткани при помощи таннина или дубильной кислоты, содержащейся въ чернильныхъ орѣшкахъ, откуда ее извлекаютъ водой.

Краски эти называются таннинными, а также основными потому, что онѣ, подобно основаніямъ (см. Химію), легко соединяются съ таннином, который служитъ протравой. Къ этимъ краскамъ принадлежитъ множество искусственныхъ красокъ, самыхъ разнообразныхъ, чрезвычайно яркихъ цвѣтовъ, но всѣ онѣ не отличаются большой прочностью.

Многія таннинныя краски имѣютъ свойство окрашивать шерсть и шелкъ безъ всякой протравы, подобно тому, какъ краски первой группы окрашиваютъ хлопокъ.

Кислые пигменты. Краски, некрасящія хлопка ни прямо, ни на таннинѣ, но легко окрашивающія шерсть и шелкъ безъ всякихъ закрѣпленій (протравъ), называются кислыми.

Пигменты, образующіеся прямо на волокнѣ. Наконецъ существуютъ краски, которыя получаются прямо на ткани съ помощью какой-нибудь химической реакціи, какъ-то: окисленія, возстановленія или реакціи соединенія нѣсколькихъ веществъ. Сюда относится синій пигментъ индиго, образующійся прямо на ткани изъ растворимаго бѣлаго индиго при помощи окисленія его кислородомъ воздуха въ синее индиго. Индиго въ настоящее время готовится искусственно, а раньше его добывали изъ сока индійскаго растенія; оно краситъ бумажныя ткани въ извѣстный всѣмъ синій кубовый цвѣтъ, отличающійся въ носкѣ большой прочностью. Къ этой же группѣ принадлежитъ черный пигментъ, образующійся на ткани окисленіемъ *анилина* помощью сильныхъ окислителей.

Сюда же относятся такъ называемыя нерастворимыя азокраски, образуемыя прямо на ткани соединеніемъ своихъ составныхъ частей. Ткань пропитываютъ сначала растворомъ одного вещества (обыкновенно берутъ нафтолъ или какое-нибудь болѣе сложное соединеніе), потомъ сушатъ и замачиваютъ на растворѣ другого (такъ называемаго діазосоединенія). Оба эти вещества мгновенно соединяются, давая яркіе цвѣта.

Крашеніе. Хлопчатобумажныя ткани красятъ въ видѣ пряжи, но преимущественно въ видѣ готовой ткани или, какъ ее называютъ, миткаль. Для полученія хорошаго цвѣта и правильнаго рисунка требуется, чтобы товаръ (ткань) былъ гладкимъ; для достиженія этого товаръ еще до отбѣлки опаливается на особой машинѣ, такъ называемой «палилкѣ», которая состоитъ изъ плиты (обыкновенно полукруглой или даже сдѣланной въ видѣ круглаго

вала), раскаливаемой докрасна находящейся подъ ней печью. Товаръ, съ помощью особаго приспособленія, быстро протаскивается надъ плитой, при чемъ прикасается къ ней лицомъ; при этомъ сгораютъ только волоски и пухъ, торчащіе на лицѣ, самъ же товаръ, вслѣдствіе большой быстроты, не успѣваетъ загораться.

Крашеніе субстантивными пигментами производится на «баркахъ» или, такъ называемыхъ, «джигерсахъ», представляющихъ мѣдное или деревянное корыто, въ которое наливаютъ разведенную въ водѣ краску; внутри барочки имѣются направляющіе ролики.

Миткаль подаютъ намотаннымъ на круглую деревянную скалку, называемую «роликомъ» или «звойкой». Во время крашенія ткань постепенно скатывается со «звойки», ныряетъ въ растворъ краски, выходитъ изъ него и наматывается на мѣдный валъ, укрѣпленный съ другой стороны барочки; для полнаго накрашиванія приходится проводить ткань черезъ растворъ краски болѣе 8 разъ. Для свѣтлыхъ цвѣтовъ барку дѣлаютъ меньше и послѣ выхода изъ краски товаръ пропускаютъ между двухъ туго прижатыхъ другъ къ другу валовъ и сушатъ; такая барка, соединенная съ сушилкой, называется плюсовкой, и работа на ней — плюсованіемъ [1]).

Крашеніе протравными пигментами. Какъ уже было указано, протравныя краски окрашиваютъ волокно только въ соединеніи съ металлическими протравами; среди протравъ особеннымъ распространеніемъ пользуются соли алюминія, желѣза, хрома, олова, а также цинка, никкеля, свинца и друг. Обыкновенно одинъ и тотъ же пигментъ съ разными протравами даетъ разные цвѣта. Изслѣдованія окрашенныхъ протравными пигментами тканей показали, что окрашенное вещество, закрѣпленное на ткани, есть химическое соединеніе пигмента съ металломъ протравы; эти соединенія принято называть, въ отличіе отъ чистыхъ красокъ, красильными лаками.

Самое крашеніе состоитъ изъ двухъ частей: 1) протравленіе ткани (подготовка къ крашенію) и 2) собственно крашеніе. Ткань промываютъ растворомъ протравы на плюсовкѣ, равномѣрно отжимаютъ и сушатъ; потомъ слѣдуетъ закрѣпленіе протравы на ткани, для чего товаръ замачивается въ слабомъ щелокѣ (сода, слабая ѣдкая щелочь, фосфорно-натровая соль). Щелочь отнимаетъ часть (или всю) кислоты, заключающейся въ протравѣ,

[1]) Сушилки дѣлаютъ въ видѣ небольшихъ комнатъ, въ которыхъ находятся согрѣваемыя паромъ, пустыя внутри плиты. Товаръ протаскивается черезъ сушилку, при чемъ онъ идетъ около плитъ и поэтому просыхаетъ на ходу.

и освобожденный металлъ выпадаетъ (обыкновенно въ видѣ гидрата (см. Химію) и такъ крѣпко покрываетъ ткань, что не смывается при крашеніи. Вмѣсто пропуска на щелочь, можно въ нѣкоторыхъ случаяхъ закрѣплять протраву, подвергая товаръ (оплюсованный ею) дѣйствію пара; для этого берутъ въ качествѣ протравъ уксуснокислыя соли, которыя при сравнительно невысокой температурѣ сами собой разлагаются, при чемъ металлъ остается на ткани (въ видѣ гидрата или окиси), а кислота улетучивается, для запариванія товаръ помѣщаютъ въ «зрѣльнѣ», т.-е. въ умѣренно нагрѣтомъ и влажномъ помѣщеніи; по прошествіи нѣкотораго времени протрава полностью закрѣпляется на ткани.

Крашеніе протравными пигментами ведутъ на особыхъ баркахъ, называемыхъ гарансинными, состоящими изъ корыта, въ которое наливается растворъ краски, и деревяннаго барана, имѣющаго форму четырехугольнаго бруса, надѣтаго на желѣзную ось.

Товаръ перекидывается черезъ брусъ и завязывается такъ, что составляетъ кольцо. Только небольшая часть товара находится на воздухѣ, остальная большая часть находится въ ваннѣ. Брусъ вертится, при чемъ товаръ съ одной стороны вытаскивается изъ ванны, а съ другой погружается въ нее.

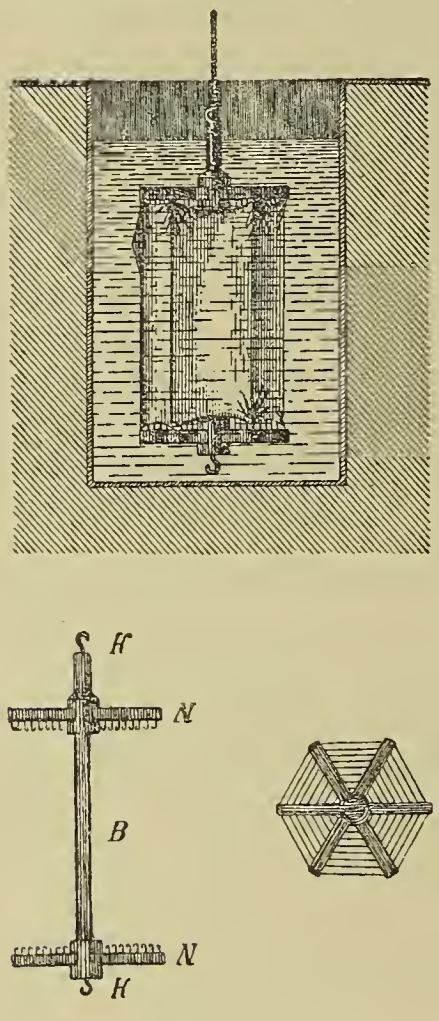
Крашеніе основными красками. Миткаль въ этомъ случаѣ равномѣрно пропитываютъ растворомъ таннина и сушатъ. Закрѣпляютъ протраву, замачивая товаръ въ растворахъ солей такихъ металловъ, которые, соединяясь съ таннином, даютъ нерастворимые осадки, плотно закрѣпляющіеся на ткани; такими металлами служатъ сурьма, алюминій, а также иногда олово и цинкъ. Послѣ закрѣпленія протравы товаръ красятъ на барочкахъ или даже гарансинныхъ баркахъ, при чемъ пигментъ растворяютъ въ водѣ, подкисленной уксусной кислотой; при накрашиваніи пигментъ извлекается изъ ванны миткалемъ и окрашиваетъ его, давая съ закрѣпленнымъ на ткань таннином прочное соединеніе.

Крашеніе красками, образующимися прямо на ткани. Главными крашеніями по этому способу являются: кубовое, чернымъ анилиномъ и азокрасками.

Кубовое крашеніе производится въ кубахъ, т.-е. деревянныхъ или желѣзныхъ большихъ ящикахъ. Нерастворимое синее индиго переводятъ въ бѣлое, растворимое въ щелочахъ соединеніе, и этотъ растворъ наливаютъ въ куба. Товаръ замачиваютъ въ кубѣ, вынимаютъ и оставляютъ нѣкоторое время повисѣть на воздухѣ; кислородъ воздуха быстро окисляетъ растворимое бѣлое соединеніе въ нерастворимое синее, и ткань, вынутая изъ куба, синѣетъ — товаръ поперемѣнно то опускаютъ въ кубъ, то выни-

маютъ, давая нѣкоторое время повисѣть на воздухѣ, пока онъ не приметъ настоящаго кубоваго цвѣта.

Для перевода синяго индиго въ бѣлое (т.-е. для растворенія) употребляютъ вещества, способныя возстановлять, т.-е. присоединять водородъ къ синему индиго; для этого въ настоящее время употребляютъ, напр., смѣсь извести и желѣзнаго купороса.



Черт. 207. Кубъ и баранъ.

Чертежъ 207 представляетъ изъ себя кубъ съ опущеннымъ въ него «бараномъ», на которомъ намотана ткань, а также отдѣльно баранъ безъ ткани (видъ сбоку и видъ сверху).

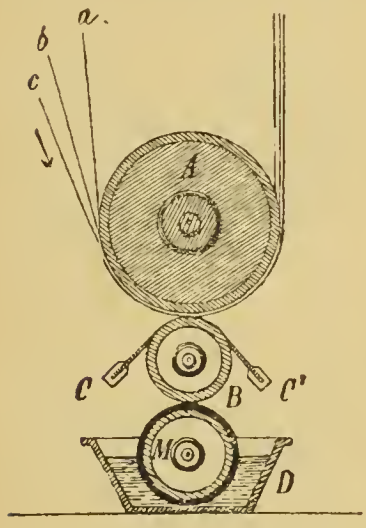
Для крашенія чернымъ анилиномъ готовятъ растворъ изъ соли анилина, бертоллетовой соли и соли какого-нибудь тяжелаго металла (какъ-то: желѣза, мѣди и т. д.); товаръ пропускаютъ черезъ плюсовку, содержащую этотъ растворъ, отжимаютъ и помѣщаютъ въ «зрѣльнѣ»; бертоллетова соль вступаетъ въ реакцію съ солью тяжелаго металла, при этомъ выдѣляется кислородъ и происходитъ окисленіе анилина въ черный анилинъ.

Ситцепечатаніе производится тѣми же красками, что и крашеніе; между ними существуетъ лишь та разница, что при крашеніи краска закрѣпляется на всей ткани, а при ситцепечатаніи — только на томъ мѣстѣ, гдѣ она напечатана.

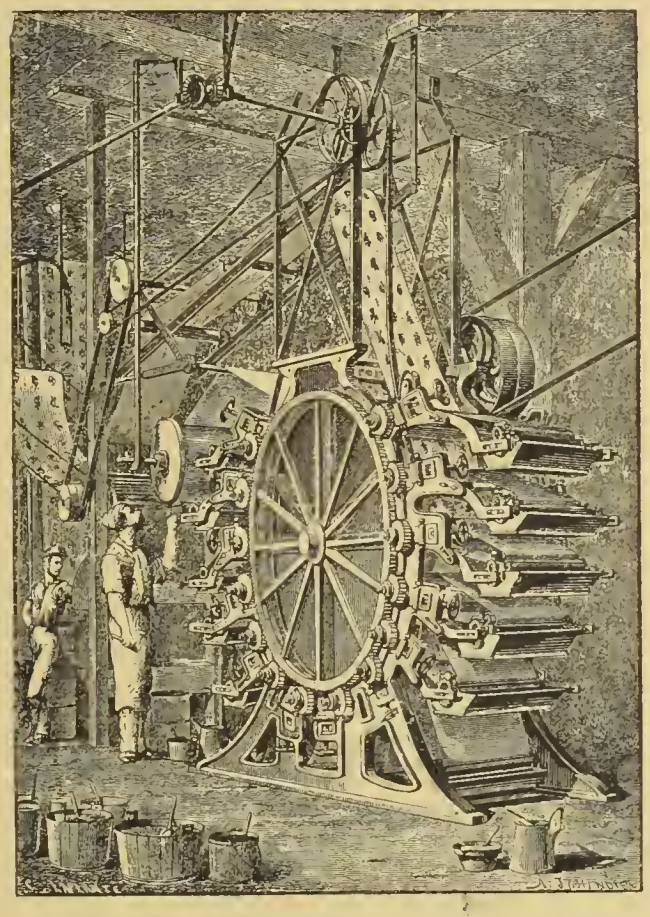
Уже въ далекой древности люди разрисовывали ткани съ помощью кистей или же просто палочекъ. Значительно позже стали печатать узоры ручными набивными формами или такъ называемыми манерами.

Современная машина, при помощи мѣдныхъ валовъ съ вырѣзаннымъ на нихъ углубленнымъ рисункомъ работаетъ съ большой быстротой (до 60—70 арш. въ минуту). Чтобы краска лучше держалась въ фигурѣ, вся площадь вогнутаго рисунка покрывается, какъ бы насѣчкой, цѣлымъ рядомъ штриховъ, нарѣзанныхъ другъ отъ друга на очень близкомъ разстояніи.

Современная печатная машина (см. черт. 208) устроена слѣдующимъ образомъ; къ большому чугунному валу *A* съ туго намотанной на немъ толстой тканью крѣпко прижимается печатный валъ *B* (для многокрасочныхъ рисунковъ употребляется вмѣсто одного нѣсколько валовъ (см. черт. 209); товаръ *c* охватываетъ валъ *A* и съ другой стороны уходитъ въ сушилку. Между валомъ и товаромъ проходитъ каучуковое полотно *a* и суровый миткаль *b*. Краска наливается въ ящикъ *D* и намазывается на валъ круглой щет-



Черт. 208. Одновальная ситцепечатная машина.



Черт. 209. Многовальная ситцепечатная машина.

кой *M*; тонкій ножъ, называемый раклей *C'*, соскабливаетъ избытокъ краски съ вала обратно въ ящикъ, такъ что краска остается только въ вогнутыхъ фигурахъ рисунка; при ходѣ машины валъ встрѣчается съ товаромъ и печатаетъ по немъ краску, которая почти совершенно выбирается тканью изъ углубленій рисунка. Въ краски для лучшаго печатанія вводятъ загустители; самымъ распространеннымъ является обыкновенный крахмальный клейстеръ, иногда употребляются нѣкоторыя смолы.

Простое печатаніе по бѣлому полю основано на тѣхъ же химическихъ реакціяхъ, какъ и крашеніе; но, кромѣ простого печатанія, существуетъ еще печатаніе по разнымъ цвѣтнымъ крашеніямъ.

10. Металлургія желѣза.

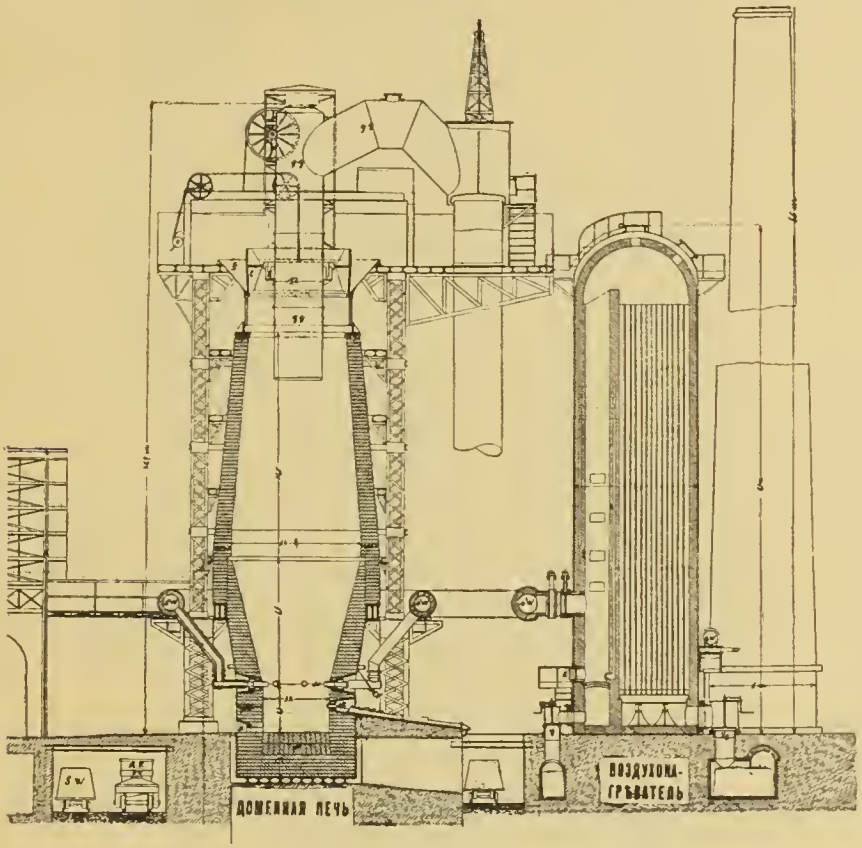
Желѣзо въ природѣ встрѣчается, главнымъ образомъ, въ соединеніяхъ съ другими элементами. Оно находится также и въ металлическомъ состояніи, но въ небольшихъ количествахъ. Еще въ доисторическія времена желѣзо было извѣстно человѣчеству, которое, надо думать, познакомилось съ нимъ, находя на поверхности земли самородное метеорное желѣзо. Археологическія изслѣдованія памятниковъ древности показываютъ, что метеорное желѣзо, дѣйствительно, служило для различныхъ подѣлокъ. Предметы изъ метеорнаго желѣза и теперь мы находимъ у людей, стоящихъ на низкой ступени культуры: у негровъ съ Синегала, у эскимосовъ. Желѣзо довольно легко возстановляется изъ нѣкоторыхъ рудъ; древнѣйшій способъ выработки желѣза состоялъ въ возстановленіи его изъ кусковъ чистыхъ рудъ въ большихъ кострахъ; полученное губчатое желѣзо, пропитанное шлаками, уплотнялось ударами молотковъ. Окружая костеръ стѣнкой, перешли къ горнамъ. Далѣе, естественную тягу воздуха замѣнили дутьемъ мѣхами. Въ XIII вѣкѣ для движенія мѣховъ стали употреблять водяную силу. Стремленіе увеличить производительность горновъ и необходимость переработки болѣе трудновосстановимыхъ рудъ привели къ увеличенію высоты стѣнокъ горна и, такимъ образомъ, перешли къ шахтнымъ печамъ, домницамъ. Эти печи дѣйствовали уже безпрерывно; по мѣрѣ поспѣванія кусковъ возстановленнаго желѣза — крицъ — стѣнку снизу печи разбирали и вынимали ихъ, сверху же постоянно подсыпали руду и древесный уголь. Вслѣдствіе получавшейся здѣсь высокой температуры желѣзо нерѣдко переходило въ чугунъ, который сначала выбрасывали, но въ концѣ XIII вѣка нашли способъ превращать его въ ковкое желѣзо, переплавляя вторично на угляхъ подъ вліяніемъ дутья — подвергая его «освѣженію», что оказалось болѣе выгоднымъ, чѣмъ прямое возстановленіе.

Постепенно путемъ ряда усовершенствованій домницы обратились въ доменныя печи.

Въ XVII и XVIII ст. въ Англіи вздорожаніе древеснаго угля заставило заняться вопросомъ о минеральномъ горючемъ матеріалѣ и въ концѣ XVIII ст. былъ примѣненъ коксъ; а затѣмъ стали собирать и газы, выходящіе изъ доменной печи, которые горѣли наверху печи громаднымъ пламенемъ. Для собиранія ихъ печь сверху закрыли, а газъ провели по трубѣ для нагрѣванія воздуха, вдуваемаго въ доменную печь.

Прямое возстановленіе ковкаго желѣза изъ рудъ въ цивилизованныхъ странахъ уже давно не примѣняется, а выплавляется сначала въ доменныхъ печахъ чугунъ, который потомъ идетъ на переработку въ сталь и желѣзо.

Производство чугуна. Въ качествѣ горючаго матеріала для выплавки чугуна употребляется древесный уголь, коксъ и иногда антрацитъ. Нѣкоторыя руды предварительно обжигаются для удаленія углекислоты, влаги, сѣры, мышьяка, а также для раз-



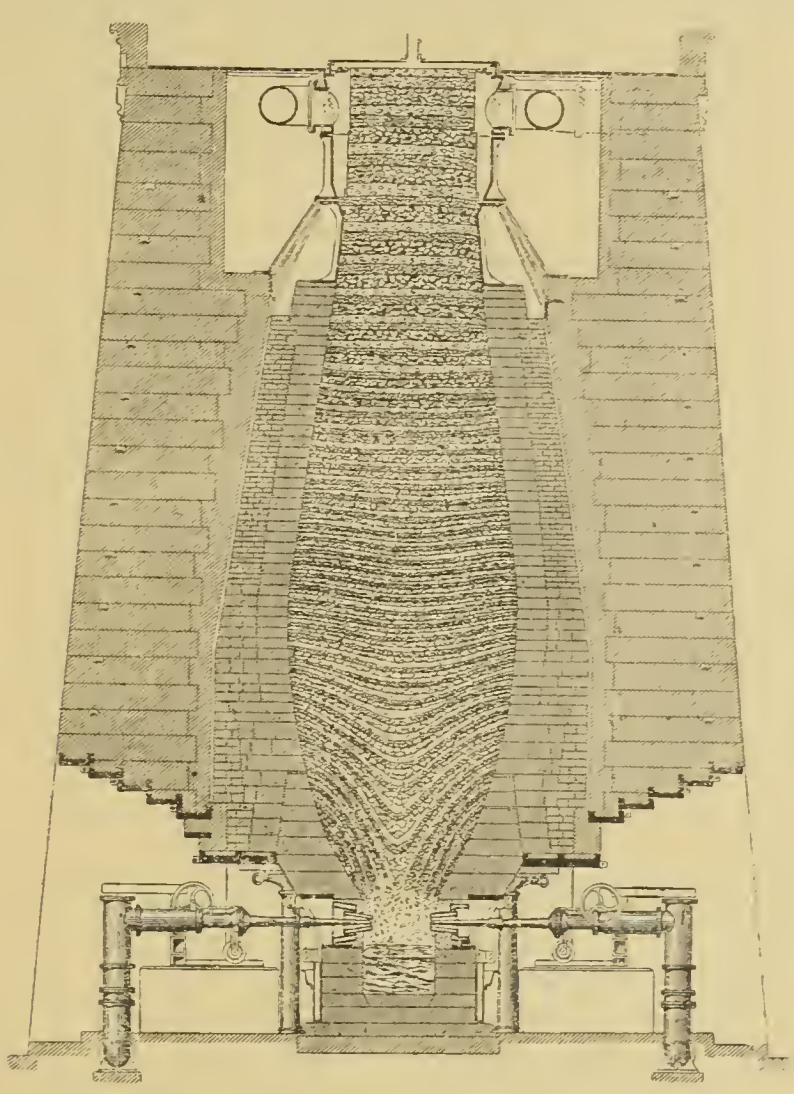
Черт. 210.

рыхленія. Это совершается въ кучахъ и особыхъ печахъ. На чертежахъ 210 и 211 изображена доменная печь современной конструкціи. Внутренній профиль ея представляетъ изъ себя два усѣченныхъ конуса, сложенныхъ широкими основаніями. Верхняя часть печи называется колошникомъ, самая широкая—распаромъ, часть между калошникомъ и распаромъ — шахтой, нижняя цилиндрическая — горномъ, дно — площадью. Доменная печь во время производства всегда наполнена доверху проплавляемыми и горючими матеріалами и, по мѣрѣ осѣданія столба ихъ, образующееся свободное пространство заполняется завалкой топлива, руды и

плавня; туда періодически спускаютъ извѣстное количество ихъ въ опредѣленныхъ отношеніяхъ между собой — такъ называемую «колошу». Одинъ изъ типовъ загрузочнаго устройства изображенъ на черт. 210: матеріалы поднимаются въ вагонеткахъ элеваторомъ на колошниковую площадку (черт. 213), ссыпаютъ на крышку печи, приподнимаютъ ее и въ образующуюся щель они проходятъ внутрь доменной печи. Загрузка всегда производится слоями, т.-е. заваливаютъ слой топлива, а сверху слой руды съ плавнемъ (черт. 211). Воздухъ изъ воздуходувки, прежде чѣмъ войти въ печь, проходитъ черезъ самый употребительный теперь воздухонагрѣватель Коупера (по имени изобрѣтателя эти нагрѣватели называются «коуперами»); онъ цилиндрической формы, стѣнки его и вся внутренняя часть состоитъ изъ огнеупорныхъ кирпичей. Коуперъ нагрѣвается доменнымъ газомъ, который вводится въ камеру (на чертежѣ 210 слѣва), гдѣ и происходитъ горѣніе за счетъ воздуха, вдуваемаго туда же; продукты горѣнія газа проходятъ, спускаясь, по мелкимъ каналамъ и уходятъ черезъ клапанъ въ боровъ трубы. Когда аппаратъ разогрѣется до нужной температуры, прекращаютъ притокъ газа и воздуха, запираютъ ходъ въ дымовую трубу и пускаютъ воздухъ въ обратномъ направленіи продуктовъ горѣнія; далѣе онъ черезъ кольцевую трубу при домнѣ подводится въ горнъ печи. Коуперовъ при доменныхъ печахъ дѣлается не менѣе 2-хъ: одинъ нагрѣвается, черезъ другой проходитъ воздухъ въ доменную печь. Въ доменныхъ печахъ кислородъ воздуха вступаетъ въ реакцію съ углемъ и образуетъ окись углерода *(CO)*. Угольная кислота, если и образуется въ первый моментъ соприкосновенія воздуха съ углемъ, то тотчасъ же вступаетъ въ реакцію съ углемъ, образуя окись углерода $(CO_2 + C = 2CO)$; высокая температура горна способствуетъ указанному разложенію. Влага воздуха при соприкосновеніи съ углемъ даетъ окись углерода *(CO)* и водородъ. Такимъ образомъ надъ областью горна газы состоятъ изъ окиси углерода, небольшого количества водорода и азота воздуха; изъ этихъ газовъ главную роль въ возстановительныхъ процессахъ играетъ окись углерода. Отработавшіе газы, такъ называемые колошниковые, уходятъ изъ печи по трубамъ (черт. 213,14), они обладаютъ способностью горѣть и употребляются для нагрѣва коуперовъ и другихъ цѣлей.

Спускающіеся матеріалы нагрѣваются идущими навстрѣчу ей газами; на самомъ верху печи изъ нихъ удаляется влага, затѣмъ происходитъ разложеніе углекислыхъ соединеній (главнымъ образомъ известняка). При 300° Ц. начинается возстановленіе окисловъ желѣза окисью углерода, и количество отдаваемаго

кислорода все увеличивается по мѣрѣ опусканія руды въ болѣе нагрѣтыя части печи; при этомъ окись углерода обращается въ углекислоту. Въ нижнихъ частяхъ печи при высокой температурѣ происходитъ возстановленіе рудъ и твердымъ углеродомъ $(FeO + C = CO + Fe)$. Возстановленіе окисью углерода идетъ болѣе экономично, чѣмъ твердымъ углеродомъ, и поэтому жела-



Черт. 211. Разрѣзъ доменной печи.

тельно, чтобы въ область высокихъ температуръ, гдѣ дѣятельно идетъ послѣдняя реакція, руды проходили по возможности болѣе возстановленными окисью углерода. Кромѣ указанныхъ реакцій, въ доменныхъ печахъ совершается еще очень важный процессъ саморазложенія окиси углерода, совершающійся въ присутствіи окисловъ желѣза, при чемъ выдѣляется порошкообразный углеродъ $(2CO = CO_2 + C)$. Мелкій углеродъ садится какъ на по-

верхности, такъ и въ порахъ кусковъ руды; онъ, находясь въ тѣсномъ соприкосновеніи съ окислами желѣза, главнымъ образомъ служитъ для возстановленія оставшихся окисловъ желѣза въ нижнихъ частяхъ доменной печи. Возстановленное желѣзо растворяетъ углеродъ и образуетъ чугунъ, который плавится значительно ниже желѣза. Невозстанавливающіяся части загрузки, расплавляясь, образуютъ шлакъ, который стекаетъ въ горнъ вмѣстѣ съ чугуномъ и скопляется на поверхности послѣдняго. Когда въ горну слой чугуна поднимется до извѣстной высоты, его выпускаютъ, пробивая пропускное отверстіе, забиваемое глиняной пробкой. Чугунъ течетъ по желобу и направляется въ «доменный дворъ», гдѣ сдѣланы песчаные ровики-формы, въ которыхъ онъ остываетъ, образуя такъ называемыя свинки или штыки. Иногда же его сливаютъ въ желѣзные чаны, выложенные огнеупорнымъ кирпичомъ, называемые ковшами, стоящими на вагончикахъ, и, въ жидкомъ состояніи, отвозятъ для дальнѣйшей переработки (черт. 213). Шлакъ изъ доменной печи является отбросомъ производства; иногда онъ идетъ для шоссировки дорогъ, для шлаковаго кирпича, цемента, стекла. Производительность коксовыхъ доменныхъ печей въ среднемъ 6.000 — 12.000 пудовъ чугуна въ сутки, высота ихъ 20 — 30 метровъ.

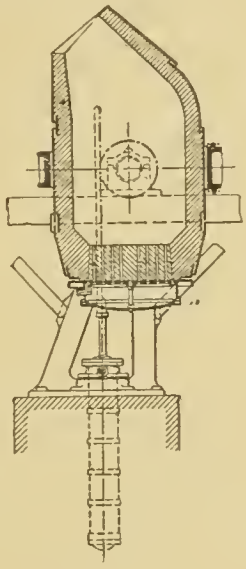
Чугунъ представляетъ собой сплавъ желѣза съ другими возстановляющимися въ доменныхъ печахъ элементами и содержащимъ значительное количество углерода. Главные сорта чугуна таковы: сѣрый чугунъ содержитъ углерода 2,5 — 4%, кремнія 1 — 3%, марганца 0,5 — 4% и употребляется для чугуннаго литья; бѣлый чугунъ содержитъ углерода около 3%, кремнія и марганца меньше, чѣмъ сѣрый; служитъ для передѣлки въ желѣзо и сталь по способамъ: кричному, пудлинговому, мартеновскому. Чугунъ содержитъ еще небольшое количество сѣры и фосфора.

Производство ковкаго желѣза. Ковкое желѣзо содержитъ примѣсей меньше, чѣмъ чугунъ, и для полученія его нужно изъ чугуна эти примѣси въ значительной степени удалить; обыкновенно сумма примѣсей рѣдко превосходитъ 1½%, углерода бываетъ отъ 0,04 — 1,5%. Сталью называется желѣзо, содержащее болѣе 0,5% углерода; она обладаетъ способностью закаливаться.

Бессемеровскій и томасовскій процессы. Сущность обоихъ способовъ заключается въ томъ, что сквозь жидкій чугунъ пропускается воздухъ, который окисляетъ примѣси чугуна: кремній, марганецъ, углеродъ, а при томасированіи и фосфоръ; чугунъ

при этомъ превращается въ ковкій продуктъ. Изобрѣтеніе Бессемера относится къ серединѣ XIX столѣтія.

Бессемеровскій процессъ производится въ, такъ называемомъ, конверторѣ (черт. 212); онъ грушевидной формы и состоитъ изъ желѣзнаго кожуха, выложеннаго внутри огнеупорной кладкой. Конверторъ поворачивается на горизонтальной оси; днище его имѣетъ рядъ небольшихъ отверстій, воздухъ вдувается посредствомъ компрессора (воздушнаго насоса) и подводится трубой въ желѣзную коробку подъ днищемъ, а затѣмъ входитъ черезъ отверстія внутрь конвертора. Когда чугунъ влитъ, пускаютъ воздуходувку и поворачиваютъ конверторъ вертикально. Кислородъ воздуха, проходящаго черезъ толщу расплавленнаго чугуна, тотчасъ же начинаетъ окислять примѣси послѣдняго, окислы которыхъ всплываютъ на поверхность и образуютъ шлакъ; черезъ нѣсколько минутъ загорается углеродъ, обращаясь въ окись углерода, которая выходитъ изъ горловины конвертора и загорается. Въ первое время пламени изъ конвертора не наблюдается, а вылетаютъ только брызги шлака и частицы металла; когда же загорается углеродъ, то появляется изъ горловины пламя окиси углерода, которое все растетъ и достигаетъ нѣсколькихъ аршинъ длины (черт. 213,5), а по мѣрѣ сгоранія углерода уменьшается; минутъ черезъ 10—20 послѣ начала продувки пламя потухаетъ. Во время бессемерованія окисляется также и желѣзо, которое въ видѣ закиси растворяется въ значительномъ количествѣ въ металлѣ, а не сполна переходитъ въ шлакъ. Такое желѣзо нековко — оно разсыпается подъ молотомъ при ковкѣ (красноломко). Для уничтоженія закиси желѣза въ готовый металлъ конвертора дѣлается «присадка» марганцоваго чугуна или ферроменгапа; марганецъ отнимаетъ у желѣза кислородъ, а самъ въ видѣ закиси всплываетъ въ шлакъ. Послѣ закисленія ковкій металлъ выливаютъ въ ковшъ, изъ котораго производится отливка желѣза въ чугунныя формы — изложницы; получающіяся призматической формы болванки идутъ на прокатку сортового желѣза. Бессемерованіе совершается безъ употребленія топлива; роль топлива играютъ примѣси чугуна и, главнымъ образомъ, кремній, сгораніе котораго и образуетъ тепло, нужное для поддержанія металла въ жидкомъ состояніи.



Черт. 212.
Конверторъ.

Въ томасовскомъ процессѣ топливомъ служитъ фосфоръ чугуна, 1% котораго нагрѣваетъ металлъ на 120°. Плавка совершается такъ же, какъ и при бессемерованіи; фосфоръ сгораетъ послѣ углерода и горитъ безъ пламени; окислы фосфора переходятъ въ шлакъ. Шлакъ томасовскаго процесса содержитъ много фосфора и въ размолотомъ видѣ служитъ для удобренія полей.

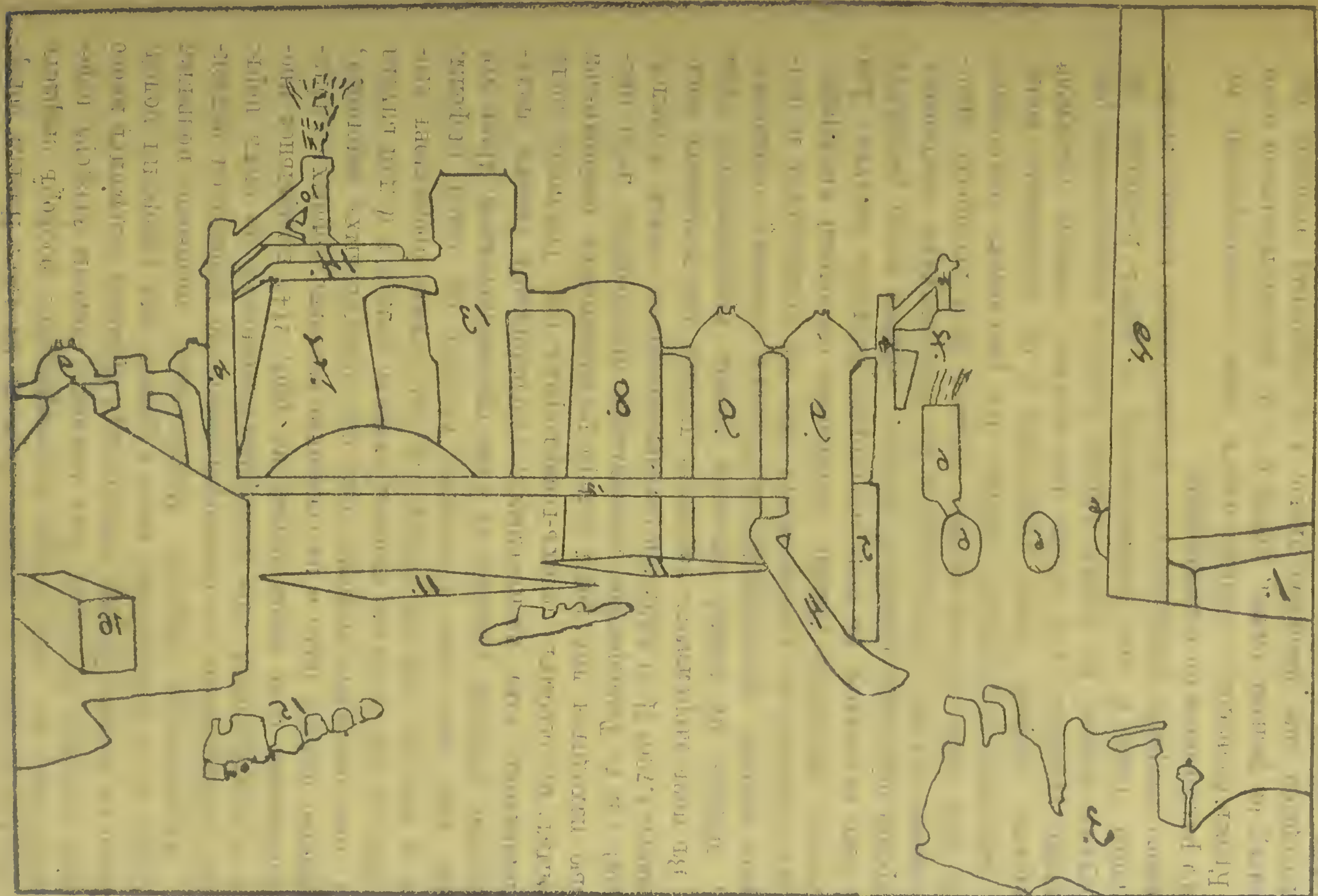
Мартеновскій процессъ. Мартеновскій процессъ появился почти одновременно съ бессемеровскимъ, но развивался медленнѣе и подвергается еще усовершенствованіямъ до сихъ поръ. Мартеновская печь представлена на черт. 214; плавильное пространство имѣетъ подъ *a* на основаніи изъ огнеупорныхъ кирпичей; оно перекрыто сводомъ тоже изъ огнеупорныхъ кирпичей; въ него съ той и другой стороны входятъ окна *c* и *d* для впуска газа и воздуха, они же служатъ и для отхода продуктовъ сгоранія, при чемъ газъ и воздухъ входятъ съ одной стороны, продукты сгоранія уходятъ въ окна противоположной. Печи эти отапливаются, такъ называемымъ, генераторнымъ газомъ, получаемымъ въ особыхъ печахъ-генераторахъ (см. Топливо); подъ печью находятся двѣ пары камеръ-регенераторовъ (собирателей тепла) *e* и *f*. Температура плавильнаго пространства печи превышаетъ 1.700° Ц. О дѣйствіи регенераторовъ см. статью «Стекло».

Въ печь загружаютъ холодный чугунъ или заливаютъ жидкій, подвозя въ ковшѣ изъ-подъ домны, присаживаютъ туда стараго желѣза, бракованныхъ желѣзныхъ отливокъ, обрѣзковъ, сколько имѣется въ распоряженіи. Все это сплавляется и подвергается окисленію газами, имѣющими свободный кислородъ, для чего впускаютъ въ печь нѣкоторый избытокъ воздуха. Для ускоренія выгоранія примѣсей чугуна, особенно когда работаютъ на одномъ чугунѣ, присаживаютъ въ печь чистыхъ желѣзныхъ рудъ, при чемъ окислы желѣза отдаютъ свой кислородъ кремнію, марганцу и углероду чугуна. Въ результатѣ получается матеріалъ, бѣдный этими примѣсями и съ желаемымъ количествомъ углерода, т.-е. сталь или желѣзо; окислы примѣсей образуютъ шлакъ. Въ концѣ плавки металлъ подвергается раскисленію, какъ и при бессемерованіи, и послѣ пробивки выпускного отверстія выливается въ подставленный ковшъ, изъ котораго разливается по изложницамъ.

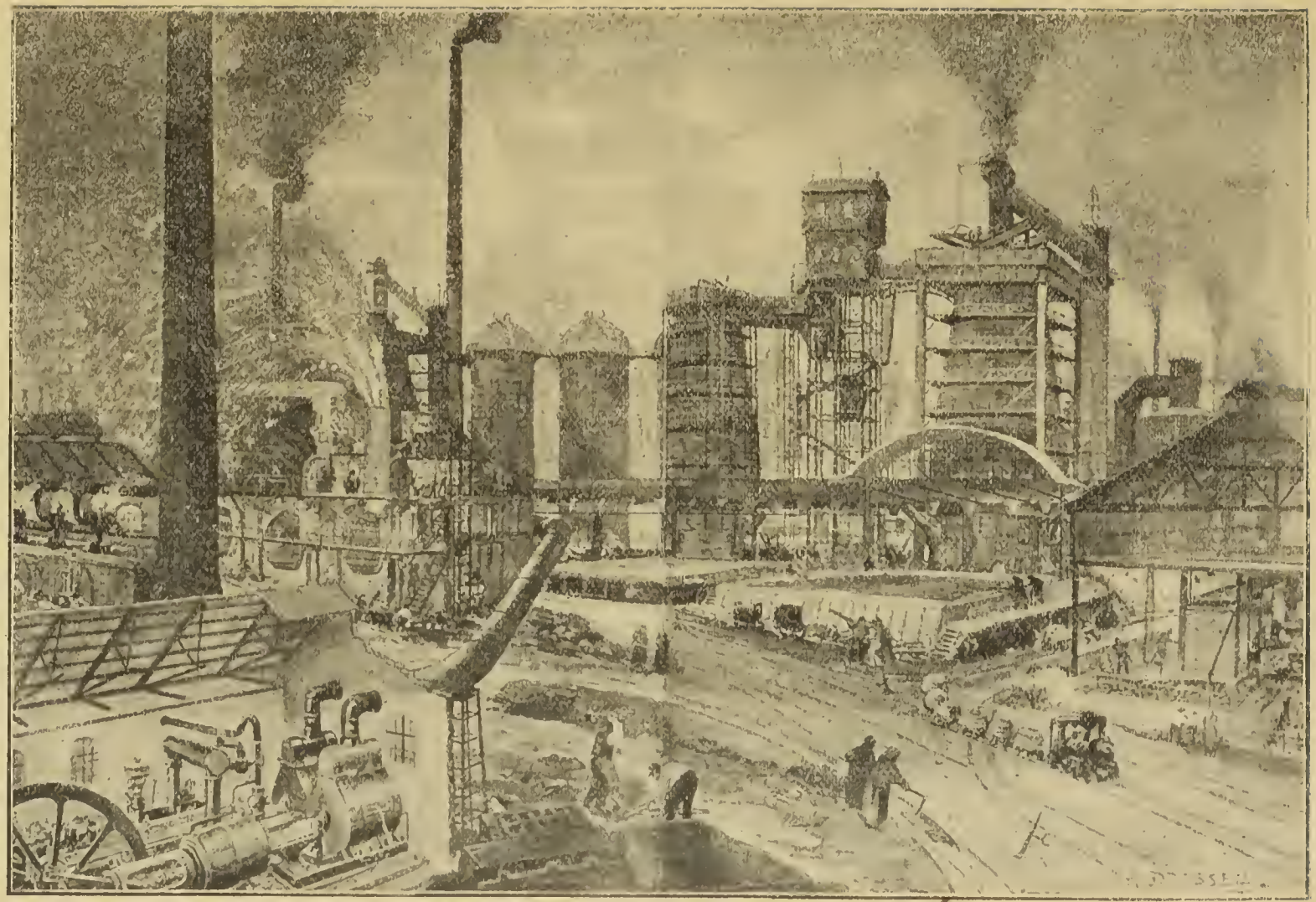
Кромѣ болванокъ, которыя идутъ, какъ и бессемеровскіе, въ прокатку на рельсы, балки, листы и т. д. изъ мартеновской печи производится еще фасонное литье, т.-е. стальныя отливки, напримѣръ, частей машинъ.

Тигельная плавка. Высокіе сорта стали выплавляются въ тигляхъ — горшкахъ изъ графита съ примѣсью глины, вмѣщающихъ

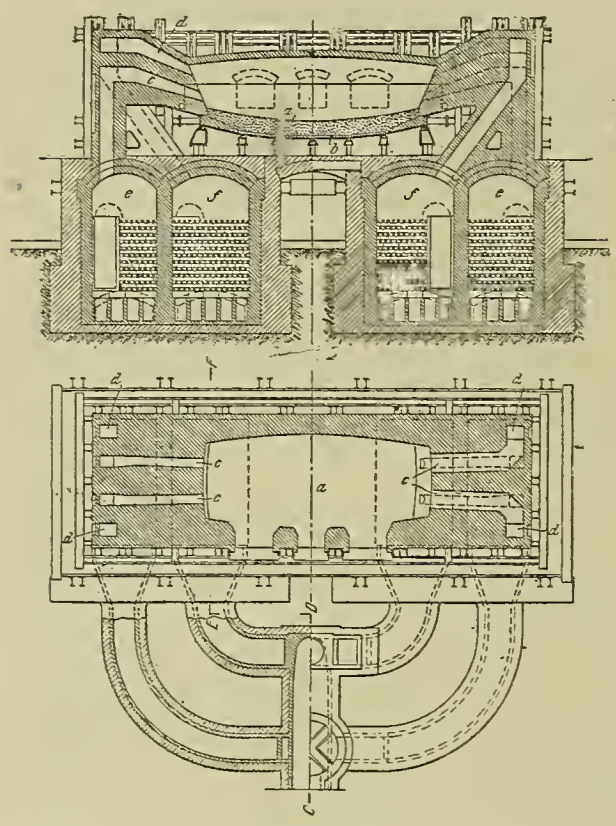
Черт. 213. **Расположеніе машинъ, аппаратовъ и зданій доменнаго завода:** 1—паровые котлы; 2—дымовая труба; 3—паровой воздушный насосъ (воздуходувка); 4—воздушная труба; 5—элеваторъ; 6 — бессемеровскіе конверторы; 7 — доменныя печи; 8—доменная печь въ ремонтѣ; 9—коупера; 10—трубы для колошниковыхъ газовъ; 11—доменные дворы; 12—горизонтальная труба для колошниковыхъ газовъ; 13—элеваторъ; 14—колошниковая площадка; 15—поѣздъ съ вагонетками, нагруженными шлакомъ; 16—мартеновскія печи.



Черт. 213. Расположеніе машинъ, аппаратовъ и зданій доменнаго завода: 1—паровые котлы; 2—дымовая труба; 3—паровой воздушный насосъ (воздуходувка); 4—воздушная труба; 5—элеваторъ; 6 — бессемеровскіе конверторы; 7 — доменныя печи; 8—доменная печь въ ремонтѣ; 9—коупера; 10—трубы для колошниковыхъ газовъ; 11—доменные дворы; 12—горизонтальная труба для колошниковыхъ газовъ; 13—элеваторъ; 14—колошниковая площадка; 15—поѣздъ съ вагонетками, нагруженными шлакомъ; 16 - мартеновскія печи.



до 3 пудовъ металла. Плавка производится въ низкихъ шахтныхъ печахъ (волчкахъ), куда помѣщаются тигли, а на большихъ заводахъ въ пламенныхъ регенеративныхъ печахъ, подобныхъ мартеновскимъ, на поду которыхъ ставятся тигли. Тигли наполняются кусками очень чистыхъ сортовъ желѣза и стали, иногда прибавляютъ туда сплавовъ желѣза съ хромомъ, марганцемъ, вольфрамомъ, при чемъ получается очень твердая сталь (напримѣръ, инструментальная). Тигельная сталь обладаетъ очень высокими механическими свойствами и, вслѣдствіе большой ея стоимости, употребляется для издѣлій, отъ которыхъ требуется большая выносливость (огнестрѣльныя орудія, нѣкоторыя части машинъ).



Черт. 214. Мартеновская печь: верхній чертежъ — вертикальный разрѣзъ, нижній — планъ печи.

Цементная сталь и ковкій чугунъ. Цементная сталь получается прокаливаніемъ полосъ чистаго мягкаго желѣза, пересыпанныхъ древеснымъ углемъ въ каменныхъ ящикахъ, вдѣланныхъ въ печь. Нагрѣваніе до свѣтло-краснаго каленія продолжается 7—9 дней; углеродъ проникаетъ внутрь желѣза и превращаетъ его въ сталь. Цементная сталь употребляется для переплавки въ тигляхъ, а также для различныхъ поковокъ, для чего ее предварительно связываютъ въ пакеты, сваривaютъ и прокатываютъ въ полосы, чтобы придать равномѣрность состава.

Ковкій чугунъ получается прокаливаніемъ отливокъ изъ бѣлаго чугуна, пересыпанныхъ мелкой рудой. При этомъ углеродъ чугуна отчасти выгораетъ, а отчасти обращается внутри металла въ углеродъ отжига, не мѣшающій ковкости предмета. Издѣлія получаютъ при этомъ вязкость и теряютъ хрупкость. Такъ готовятся мелкіе предметы, напримѣръ, части замковъ, ключи и т. д.

Электросталь. Электрическія печи для выплавки стали появились въ практикѣ нѣсколько лѣтъ тому назадъ; для нагрѣва

этихъ печей служитъ электрическій токъ. Вслѣдствіе очень большого удобства регулировки температуры, возможности получать высокія температуры, отсутствія вредныхъ газовъ въ плавильномъ пространствѣ, электросталь получается очень высокихъ качествъ, превышающихъ тигельную. По цѣнѣ электросталь конкурируетъ съ тигельной и, надо думать, скоро совсѣмъ вытѣснитъ послѣднюю.

II. Мѣдь, олово, цинкъ, ртуть и др. металлы.

Знакомство человѣчества съ **МѢДЬЮ** теряется въ глубокой древности. Мѣдь, вѣроятно, была въ числѣ первыхъ металловъ, которыми началъ пользоваться человѣкъ, такъ какъ она нерѣдко встрѣчается въ природѣ въ самородномъ состояніи и простой проковкой можетъ быть превращена въ тотъ или иной полезный въ жизни предметъ. Уже за 400 лѣтъ до Р. Х. египтяне пользовались бронзой, сплавомъ мѣди съ оловомъ для приготовленія домашней утвари, а у китайцевъ за 2.000 лѣтъ до Р. Хр. она служила монетой. Какимъ образомъ мѣдь добывалась изъ ея руды въ древности намъ почти ничего неизвѣстно, что же касается ея добычи въ историческое время, то въ общемъ способы эти напоминаютъ современные. Современные способы полученія мѣди изъ рудъ раздѣляются на огневые и мокрые, изъ которыхъ самые употребительные — это огневые; мокрые же примѣняются очень рѣдко. Во всякомъ случаѣ, выборъ способа зависитъ отъ содержанія мѣди въ рудѣ и отъ свойствъ руды и пустой породы, сопровождающей мѣдную руду. Самыми распространенными рудами являются сѣрнистыя, а изъ нихъ главнымъ матеріаломъ для добычи мѣди служитъ мѣдный колчеданъ (см. т. II, 499), который, какъ и всѣ мѣдныя руды, никогда не встрѣчается въ природѣ въ чистомъ состояніи, онъ всегда загрязненъ пустой породой самаго разнообразнаго состава.

Сущность *огневыхъ способовъ* заключается въ полученіи изъ мѣдной руды послѣдовательно очищаемыхъ и обогащаемыхъ мѣдью промежуточныхъ продуктовъ, т. н. *штейновъ*, и въ переработкѣ ихъ на черную мѣдь. Очищеніе штейновъ и обогащеніе ихъ мѣдью достигается удаленіемъ сѣры, мышьяка, желѣза и пустой породы помощью послѣдовательныхъ операцій обжиганія и возстановительно-ошлаковывающей плавки.

Обжиганіе состоитъ въ томъ, что мѣдную руду подвергаютъ дѣйствію кислорода воздуха при высокой температурѣ. При этомъ сѣрнистыя, мышьяковистыя и сурьмянистыя соединенія сгораютъ въ сѣрнистый, мышьяковистый и сурьмянистый ангидриды (см. Химію) и въ окиси металловъ, такъ, напримѣръ: $2FeS_2 +$

$+110 = Fe_2O_3 + 4SO_2$. Эти ангидриды большею частью улетучиваются, частью же переходятъ въ высшія кислородныя соединенія и даютъ съ образовавшимися окисями металловъ соли сѣрной, мышьяковой и сурьмяной кислотъ. Помощью обжиганія, какъ видно, изъ руды удаляется сѣра, мышьякъ и сурьма. Но сѣру намѣренно никогда не удаляютъ до конца; часть ея оставляютъ, такъ какъ только благодаря ей получаютъ продукты, обогащенные мѣдью. Оставленная сѣра при послѣдующей возстановительной плавкѣ прежде всего соединится со всей мѣдью, образуя полусѣрнистую мѣдь *(Cu_2S)*, и только остатокъ ея отойдетъ къ желѣзу и дастъ сѣрнистое желѣзо *(FeS)*.

Возстановительную плавку обожженной руды на штейнъ производятъ или въ шахтныхъ печахъ съ дутьемъ по нѣмецкому, или въ пламенныхъ по англійскому способу. *По нѣмецкому способу* — обожженная руда, плавни и горючее (коксъ, древесный уголь) горизонтальными слоями загружаютъ въ печь, представляющую собою шахту (см. желѣзо), стѣнки которой постепенно сходятся книзу и оканчиваются лещадью (дно печи). Засыпка, спускаясь постепенно внизъ, нагрѣвается газообразными продуктами горѣнія, идущими ей навстрѣчу изъ области фурмъ (дутья), гдѣ происходитъ горѣніе горючаго. Воздухъ, необходимый для горѣнія, вдувается черезъ фурмы; такъ называются отверстія въ стѣнкахъ печи. При высокой температурѣ печи углеродъ горючаго матеріала и окись углерода возстанавливаютъ сѣрнокислыя соли мѣди и желѣза въ сѣрнистыя, а окиси ихъ—въ закиси. Закись мѣди *(Cu_2O)* отнимаетъ сѣру отъ сѣрнокислаго желѣза, образуя Cu_2S и закись желѣза *(FeO)*. Образовавшаяся полусѣрнистая мѣдь сплавляется съ оставшимся сѣрнистымъ желѣзомъ и даетъ *штейнъ*, а вся закись желѣза, соединяясь съ плавнемъ, переходитъ въ шлакъ. По мѣрѣ того, какъ засыпка опускается, въ печь загружаютъ новую, а расплавленные шлаки и штейнъ вытекаютъ или черезъ одно общее отверстіе, или черезъ особыя для каждаго. Раздѣленіе шлака отъ штейна происходитъ на основаніи разницы удѣльныхъ вѣсовъ; шлакъ легче штейна. Для полученія черной мѣди штейнъ обжигаютъ такимъ образомъ, чтобы сѣрнистыя желѣзо и мѣдь цѣликомъ превратились въ окиси. Полученныя окиси вмѣстѣ съ горючимъ матеріаломъ и кремнеземомъ подвергаютъ возстановительной плавкѣ въ шахтныхъ печахъ, гдѣ окись мѣди *(CuO)* возстанавливается углеродомъ и окисью углерода въ металлическую мѣдь, а окись желѣза *(Fe_2O_3)* въ закись *(FeO)*; послѣдняя, соединяясь съ кремнеземомъ, переходитъ въ шлакъ. Отдѣленіе мѣди отъ шлака производится такъ же, какъ и отдѣленіе отъ нихъ штейна.

Полученіе штейна плавкой обожженной руды въ пламенныхъ печахъ *по англійскому способу* происходитъ иными реакціями. Здѣсь горючій матеріалъ отдѣленъ отъ переплавляемой руды и въ продуктахъ горѣнія не заключается возстановительныхъ газовъ. Возстановителемъ въ англійскомъ процессѣ служитъ сѣрнистое желѣзо, оставшееся въ обожженной рудѣ. Оно возстанавливаетъ окиси мѣди и желѣза въ закиси и, реагируя съ закисью мѣди, даетъ полусѣрнистую мѣдь. Послѣдняя съ избыточнымъ сѣрнистымъ желѣзомъ даетъ штейнъ, а закись желѣза съ кремнеземомъ образуетъ шлакъ. Полученный штейнъ обжигается и послѣдующей плавкой превращается въ болѣе чистый и болѣе богатый мѣдью *концентрированный* штейнъ, изъ котораго помощью тѣхъ же операцій обжиганія и плавки получаютъ уже черную мѣдь. Плавка обожженнаго концентрированнаго штейна производится въ пламенныхъ печахъ, и возстановителемъ окиси мѣди является полусѣрнистая мѣдь, оставленная въ опредѣленномъ количествѣ въ обожженномъ штейнѣ ($2CuO + Cu_2S = 4Cu + SO_2$).

Въ описанномъ видѣ англійскій способъ примѣняется для обработки чистыхъ и богатыхъ рудъ. Если же руды не чисты и не богаты, то процессъ усложняется отъ расширенія очистительныхъ и обогатительныхъ работъ, связанныхъ съ полученіемъ большого числа штейновъ послѣдовательно обогащающихся и очищающихся.

Бессемерованіе. Переработка штейна на черную мѣдь, кромѣ англійскаго и нѣмецкаго способа, производится и бессемерованіемъ, состоящимъ въ продуваніи воздуха черезъ расплавленный штейнъ. Кислородъ воздуха, проходя черезъ толщу расплавленнаго штейна, окисляетъ часть полусѣрнистой мѣди въ окись, а эта съ остальной частью полусѣрнистой мѣди даетъ металлическую мѣдь; сѣра сѣрнистаго желѣза при этомъ сгораетъ въ сѣрнистый газъ и остается закись желѣза; это горѣніе развиваетъ достаточное количество тепла, чтобы процессъ шелъ безъ посторонняго подогрѣванія.

Способъ пиритической плавки. Характерная особенность этого способа состоитъ въ томъ, что сырыя мѣдныя руды, содержащія пириты (FeS_2), безъ всякаго обжига, смѣшиваютъ съ кварцевыми рудами и плавятъ въ шахтныхъ печахъ при большомъ количествѣ вдуваемаго въ печь воздуха, при чемъ температура, необходимая для веденія процесса, достигается горѣніемъ пирита. Постороннее горючее (коксъ) прибавляется къ рудѣ въ ничтожномъ количествѣ. Въ печи пиритъ, распавшись на сѣру и сѣрнистое желѣзо, сгораетъ въ сѣрнистое желѣзо и закись желѣза, которая шлакуется кварцемъ. Не успѣвшее сгорѣть сѣрнистое желѣзо съ образовав-

шейся полусѣрнистой мѣдью даетъ штейнъ. Полученный штейнъ помощью той же пиритической плавки обогащается мѣдью, и, обогащенный бессемерованіемъ, перерабатывается на черную мѣдь.

Раффинированіе черной мѣди. Черная мѣдь, полученная вышеописанными способами, не годна для примѣненія: она хрупка и плохо проводитъ электрическій токъ, вслѣдствіе присутствія въ ней постороннихъ примѣсей. Для удаленія ихъ черная мѣдь подвергается очисткѣ (раффинированію) сухимъ путемъ или электролизомъ. Сухой путь состоитъ въ окислительной плавкѣ черной мѣди въ пламенныхъ печахъ, при чемъ примѣси окисляясь легче и скорѣе мѣди, удаляются, или въ видѣ летучихъ соединеній, или въ видѣ шлака. Окислителемъ является кислородъ воздуха. Но непосредственно онъ окисляетъ только съ поверхности, внутри же расплавленной мѣди окислителемъ служитъ закись мѣди, такъ какъ она прекрасно растворима въ мѣди; закись мѣди образуется на поверхности дѣйствіемъ кислорода воздуха. Послѣ окисленія и удаленія шлака мѣдь выдразниваютъ; выдразниваніе состоитъ въ погруженіи въ расплавленную мѣдь деревяннаго шеста; отъ сухой перегонки дерева образуется большое количество газовъ; они, перемѣшивая ванну, способствуютъ удаленію сѣрнистаго газа и въ то же время, заключая въ себѣ возстановительные элементы, возстановляютъ закись мѣди въ металлъ — мѣдь.

Электролизъ. Если пропускать электрическій токъ черезъ подкисленный сѣрною кислотой водный растворъ мѣднаго купороса, воспользовавшись въ качествѣ катода (см. Физику) чистою мѣдью, а въ качествѣ анода черной, то на катодѣ будетъ осаждаться, выдѣленная токомъ изъ мѣднаго купороса, чистая мѣдь, а мѣдь анода будетъ растворяться и такимъ образомъ возстановляетъ крѣпость раствора мѣднаго купороса. Примѣси, заключающіяся въ мѣди, или остаются въ растворѣ, или же садятся на дно ванны, гдѣ производится электролизъ, въ видѣ аноднаго ила. Въ анодномъ илѣ собирается все серебро и золото, заключавшіяся въ черной мѣди. Электролизъ производится въ деревянныхъ ящикахъ, выложенныхъ внутри свинцовыми листами; въ каждомъ ящикѣ устанавливаютъ попеременно катоды и аноды съ опредѣленными разстояніями другъ отъ друга. Растворъ мѣднаго купороса въ ваннахъ находится въ движеніи, такъ какъ только при этомъ условіи получается чистая мѣдь.

Мокрые способы полученія мѣди заключаются въ переведеніи различныхъ мѣдныхъ соединеній, находящихся въ рудахъ, въ сѣрно-кислыя и хлористыя соли, такъ какъ соли эти растворимы въ водѣ. Изъ растворовъ этихъ солей мѣдь выдѣляютъ

или въ видѣ окиси, или въ видѣ металлической. Руды, содержащія мѣдь въ видѣ окиси или углекислой соли, прямо подвергаются выщелачиванію слабыми растворами соляной или сѣрной кислоты. Если же руды содержатъ сѣрнистую мѣдь, то она переводится помощью вывѣтриванія или окислительнаго обжиганія въ сѣрнокислую и помощью хлорирующаго обжиганія въ хлористую соль. Вывѣтриваніемъ называется окисленіе сѣрнистой мѣди въ сѣрнокислую при долгомъ лежаніи на воздухѣ, а хлорирующее обжиганіе состоитъ въ окислительномъ обжиганіи сѣрнистыхъ рудъ, смѣшанныхъ съ поваренной солью *(NaCl)*. Сѣрнистыя соединенія мѣди переводятъ въ хлористыя и мокрымъ путемъ, дѣйствуя на нихъ растворомъ хлорнаго желѣза. Изъ полученныхъ растворовъ сѣрнокислыхъ или хлористыхъ солей мѣдь осаждается желѣзнымъ ломомъ въ видѣ металлической, а окисью кальція въ видѣ окиси. Полученные осадки мѣди и окиси мѣди перерабатываютъ плавкой на черную мѣдь.

Олово. Время, когда человѣчество впервые познакомилось съ оловомъ, неизвѣстно, но въ видѣ бронзы, т.-е. сплава его съ мѣдью, оно употреблялось за нѣсколько тысячелѣтій до Р. Хр.

Единственной рудой, служащей для добычи олова, является оловянный камень — окись олова *(SnO_2)*, обыкновенно сильно загрязненной различными примѣсями. Полученіе изъ него олова производятъ исключительно возстановительной плавкой, но передъ плавкой оловянную руду подвергаютъ обогащенію промывкой, помощью которой удаляются всѣ легкія части породы. Послѣ промывки руду обрабатываютъ сѣрной или соляной кислотой для удаленія мѣди, желѣза и висмута, а затѣмъ въ ручную отбираютъ отъ нея вольфрамовыя соединенія. Освобожденный такимъ образомъ отъ примѣсей оловянный камень смѣшиваютъ съ углемъ и плавнями и подвергаютъ плавкѣ, или въ шахтныхъ печахъ съ дутьемъ, или въ пламенныхъ. Углеродъ горючаго возстановляетъ окись олова въ металлическое олово.

Полученное сырое олово очищается зейгерованіемъ и дрезненіемъ. При зейгерованіи расплавленное олово льютъ на наклонную чугунную плиту, покрытую раскаленными углями, при этомъ легкоплавкое олово успѣваетъ стечь въ пріемникъ, подставленный къ нижнему концу плиты, а тугоплавкія примѣси, застывая, остаются на плитѣ. Нечистые сорта олова очищаютъ и зейгерованіемъ, и дрезненіемъ. Сначала зейгеруютъ, а потомъ дрезнятъ, погружая въ расплавленное олово, находящееся въ котлахъ, свѣже срубленные деревянные шесты. Образующіеся сухой перегонкой газы приводятъ олово какъ бы въ кипѣніе, при чемъ отдѣльныя частицы его и подвергаются окислительному дѣйствію

воздуха, который окисляетъ примѣси. Образовавшіеся окислы всплываютъ на поверхность олова въ видѣ пѣны и удаляются.

Цинкъ. Цинкъ былъ извѣстенъ въ древности въ видѣ латуни, т.-е. сплава его съ мѣдью. Получаютъ цинкъ, главнымъ образомъ, сухимъ путемъ, возстановляя углемъ его окись или кремнекислую соль въ закрытыхъ сосудахъ при температурѣ 1.200°—1.300° Ц. Руды, содержащія цинкъ въ видѣ сѣрнистыхъ и углекислыхъ соединеній, сначала обжигаютъ для переведенія ихъ въ окись цинка. Полученную окись смѣшиваютъ съ избыткомъ угля и вносятъ въ особые сосуды, реторты или муфеля (см. т. I Химію), сдѣланные изъ огнеупорнаго матеріала и помѣщенные въ нагрѣвательномъ пространствѣ печи. Нагрѣваніе муфелей и ретортъ производятъ или помощью сжиганія твердаго сырого горючаго матеріала, или помощью генераторнаго газа. Возстановленный цинкъ въ парообразномъ состояніи перегоняется въ особые пріемники, плотно примазанные къ ретортамъ или муфелямъ. Закрытые сосуды для полученія цинка употребляются потому, что на воздухѣ пары цинка сгораютъ обратно въ окись. Полученный цинкъ нечистъ и для очищенія его медленно расплавляютъ и оставляютъ нѣкоторое время стоять въ расплавленномъ состояніи, при чемъ большая часть свинца и желѣза осаждается на дно въ видѣ трудно плавкаго сплава со свинцомъ, отъ котораго цинкъ отдѣляется сливаніемъ или вычерпываніемъ.

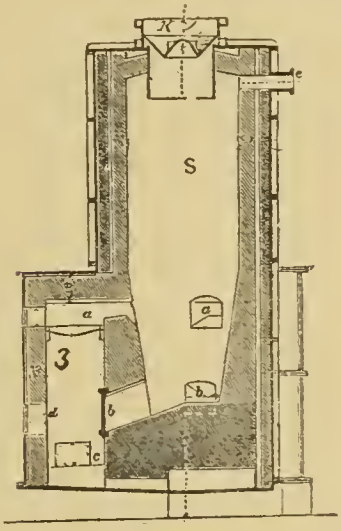
Ртуть. Впервые о ртути упоминается въ 300 году до Р. Хр. Ею пользовались въ древности, главнымъ образомъ, для золоченія различныхъ предметовъ. Въ настоящее время ртуть получается огневымъ путемъ почти исключительно изъ киновари *(HgS)* (см. т. II, стр. 497). Киноварь или подвергается окислительному обжиганію, при которомъ она распадается на ртуть и сѣрнистый газъ по реакціи $HgS + O_2 = Hg + SO_2$, или же на нее дѣйствуютъ окисью кальція въ отсутствіи воздуха, при чемъ также выдѣляется металлическая ртуть съ образованіемъ гипса и сѣрнистаго кальція: $4HgS + 4CaO = Hg + CaSO_4 + CaS$. Выдѣлившаяся въ обоихъ случаяхъ ртуть отгоняется въ видѣ пара и сгущается въ особыхъ приборахъ, такъ называемыхъ, конденсаторахъ.

Окислительное обжиганіе киновари производятъ въ различнаго рода печахъ, одна изъ которыхъ, такъ называемая, шахтная пламенная печь, изображена на прилагаемомъ рисункѣ. Печь (черт. 215) имѣетъ три отдѣльныхъ топки, на колосникахъ которыхъ сжигаются или дрова, или каменный уголь. Пламя изъ топокъ направляется въ шахту печи S и нагрѣваетъ находящуюся въ ней руду. Руда загружается въ печь черезъ отверстіе k, запирающееся герметически. Продукты горѣнія, вмѣстѣ съ па-

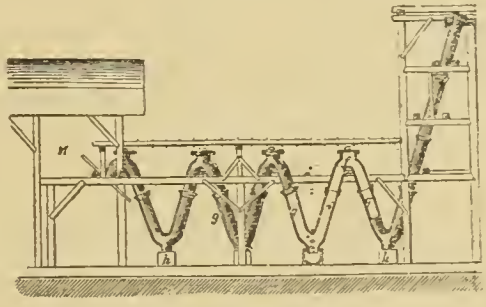
рами ртути, высасываются изъ печи черезъ отверстіе *e* помощью вентиляторовъ. Высосанные, они попадаютъ въ конденсаторы, соединяющіеся плотно съ выдающей трубой. На черт. 216 изображенъ желѣзный трубчатый конденсаторъ. Нижнее колѣно каждаго звена переходитъ въ трубку, открывающуюся въ ящикѣ съ водой. Въ этихъ ящикахъ скопляется сгустившаяся ртуть.

Полученіе ртути помощью нагрѣванія съ известью *(CaO)* производится въ чугунныхъ полуцилиндрическихъ ретортахъ, имѣющихъ отводную чугунную трубу, охлаждаемую водой. Въ этой трубѣ ртуть сгущается и стекаетъ изъ нея въ пріемники. Въ нагрѣвательномъ пространствѣ печи помѣщается обыкновенно нѣсколько такихъ ретортъ.

Полученная ртуть очищается прожиманіемъ черезъ замшу или полотно.



Черт. 215. Шахтная печь (разрѣзъ).



Черт. 216 Конденсаторъ.

Что касается употребленія ртути, то главнымъ образомъ она идетъ на извлеченіе золота и серебра изъ рудъ. Точно такъ же она идетъ въ видѣ оловянной амальгамы для приготовленія зеркалъ, а въ чистомъ видѣ—для изготовленія различныхъ физическихъ приборовъ (термометровъ, барометровъ и т. п.).

Свинецъ. Свинецъ былъ извѣстенъ въ самыя древнія времена. Изъ него дѣлали грузила для удочекъ, монеты, водопроводныя трубы, а въ видѣ листочковъ онъ служилъ для письма.

Самой важной рудой для полученія свинца является свинцовый блескъ, сѣрнистый свинецъ *(PbS)*. Свинецъ изъ нея выплавляется, какъ и вообще изъ всѣхъ свинцовыхъ рудъ, исключительно огневымъ путемъ, по тремъ способамъ: обжигательно-возстановительному, обжигательно-реакціонному и способу осажденія, изъ которыхъ опишемъ самый употребительный, примѣнимый къ рудамъ разнообразнаго состава, обжигательно-возстановительный способъ; онъ состоитъ въ переведеніи свинцоваго

блеска въ окись свинца помощью окислительнаго обжиганія руды и въ возстановленіи окиси свинца въ металлическій свинецъ при возстановительной плавкѣ. Обжиганіе свинцоваго блеска производится въ пламенныхъ печахъ. Обожженный продуктъ, состоящій изъ окиси свинца, кремнекислой соли и пустой породы, смѣшивается съ углемъ и веществами, богатыми окисью желѣза (плавнями), и плавится въ шахтной печи съ дутьемъ. При этомъ окись свинца непосредственно, а кремнекислый свинецъ въ присутствіи окиси желѣза возстанавливаются углеродомъ и его окисью въ металлическій. Изъ кремнекислаго свинца закись желѣза, получающаяся возстановленіемъ окиси, вытѣсняетъ окись свинца. Кромѣ свинца, при плавкѣ получается и сплавъ сѣрнистыхъ желѣза и свинца, свинцовый штейнъ, который послѣ обжига присоединяютъ къ протравляемой рудѣ. Въ настоящее время для полнаго переведенія свинцоваго блеска въ окись его обжигаютъ со жженной известью, и полученный продуктъ окисляютъ сжатымъ воздухомъ.

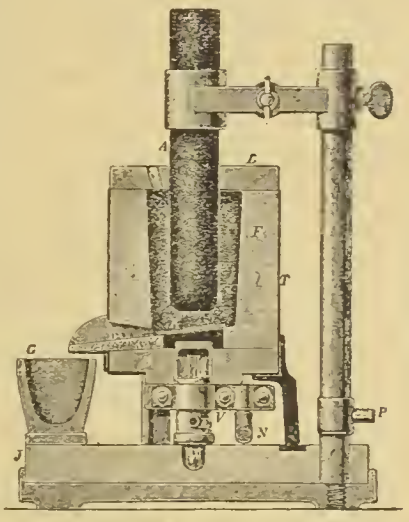
Раффинированіе свинца. Полученный свинецъ загрязненъ какъ металлоидами, такъ и другими металлами, а потому и подвергается очисткѣ. Отъ металлоидовъ (сѣры, мышьяка), а также и металловъ, легче его окисляющихся, напр., цинка, желѣза, олова и др., онъ очищается окислительной плавкой. Отъ мѣди же и серебра, окисляющихся труднѣе его, очищеніе производится особыми способами. Сплавъ свинца съ мѣдью медленно нагрѣваютъ на наклонномъ поду пламенной печи, и свинецъ, какъ болѣе легкоплавкій, расплавляется и стекаетъ въ пріемникъ, примыкающій къ поду; на поду же остается твердый сплавъ свинца съ мѣдью. Способъ этотъ называется вытопкой или зейгероваціемъ.

Отдѣленіе серебра отъ свинца производится двоякимъ образомъ. Сплавъ свинца съ серебромъ расплавляютъ въ чугунныхъ котлахъ и даютъ медленно охлаждаться, при этомъ выдѣляются кристаллы почти чистаго свинца; ихъ вычерпываютъ изъ котла рѣшетчатой ложкой и, подвергая той же операціи нѣсколько разъ, получаютъ чистый свинецъ.

Алюминій. Алюминій былъ открытъ Велеромъ 1827 года дѣйствіемъ металлическаго калія при нагрѣваніи на хлористый алюминій.

Заводской способъ полученія алюминія основанъ на электролизѣ огненножидкаго раствора его окиси (Al_2O_3) въ кріолитѣ (Na_3AlFl_6). Электрическій токъ, проходя черезъ расплавленную смѣсь, разлагаетъ окись алюминія на кислородъ и алюминій, выдѣляющіеся—первый на анодѣ, а второй на катодѣ. Кріо-

литъ при этомъ служитъ исключительно для пониженія температуры плавленія окиси алюминія до 800 — 900° Ц., такъ какъ только при этихъ температурахъ получается чистый алюминій; при болѣе высокихъ температурахъ всегда получается сплавъ алюминія съ углеродомъ или желѣзомъ, которые служатъ катодомъ. Сама по себѣ окись алюминія плавится при 2.200° Ц. На чертежѣ 217 изображенъ приборъ, въ которомъ происходитъ электролизъ. Желѣзный тигель *T* съ шамотовымъ дномъ *B* покрытъ внутри толстымъ слоемъ окиси алюминія; этотъ слой и угольный анодъ *A* соединяются съ источникомъ тока помощью проводниковъ (кабелей). Выдѣлившійся алюминій выпускается періодически изъ тигля черезъ отверстіе въ пріемникъ. Черезъ отверстіе въ крышкѣ тигля засыпается окись алюминія, черезъ него же удаляется окись углерода и углекислый газъ, получающіеся отъ сгоранія анода въ выдѣляющемся на немъ кислородѣ. Электролизъ ведутъ слѣдующимъ образомъ: въ тигель вносятъ кріолитъ и, расплавивъ его помощью вольтовой дуги, прибавляютъ къ нему окиси алюминія. Послѣ того, какъ окись алюминія расплавится, токъ, проходя черезъ расплавленную массу, выдѣляетъ алюминій.



Черт. 217. Тигель для электролиза окиси алюминія.

Наибольшее количество алюминія идетъ для очищенія желѣза и мѣди отъ растворенныхъ въ нихъ окисловъ. Кромѣ того, изъ него приготовляютъ домашнюю и кухонную посуду.

12. Драгоцѣнные металлы.

Золото. Золото, по всему вѣроятію, было первымъ металломъ, съ которымъ познакомилось человѣчество. Въ древности оно служило для изготовленія статуй боговъ, различныхъ предметовъ украшенія и рѐскоши, и, наконецъ, имъ пользовались какъ мѣновой единицей въ торговыхъ сношеніяхъ.

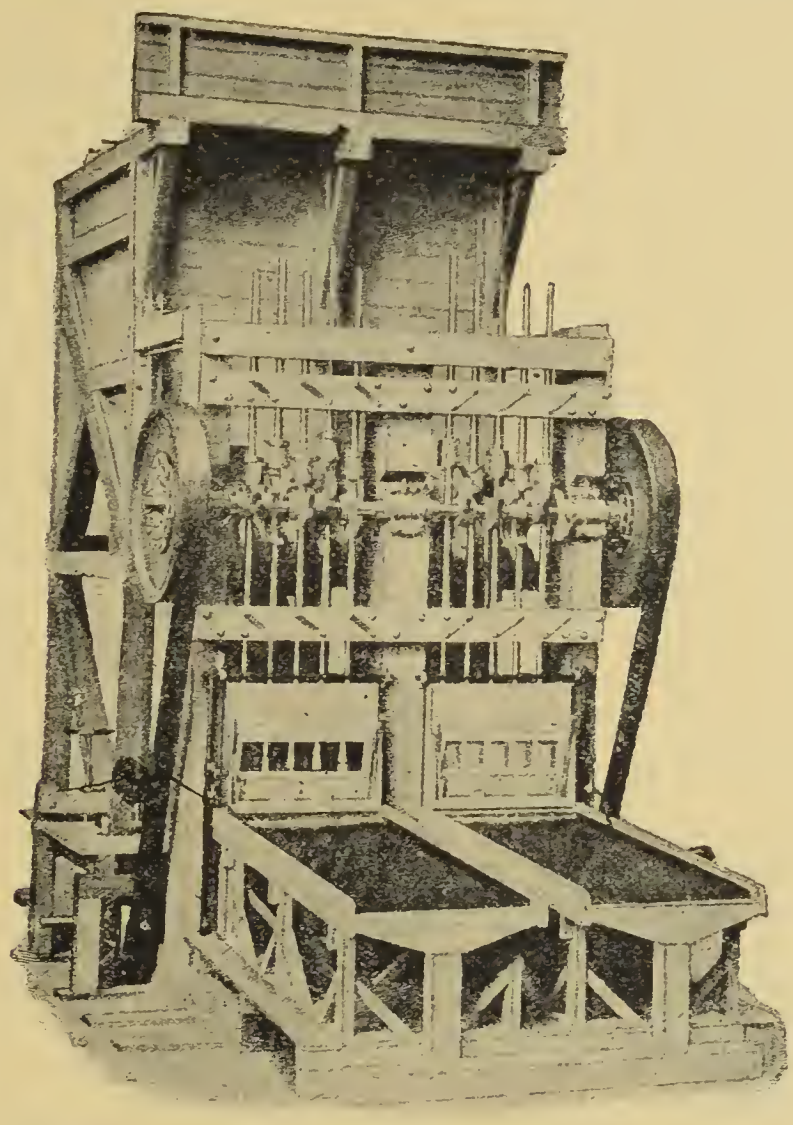
Современные способы полученія золота различаются въ зависимости отъ матеріала, который подвергается обработкѣ. Розсыпи, заключающія золото въ крупныхъ частичкахъ, механически примѣшанныхъ къ глинистой или кварцевой породѣ, размываются водой въ различныхъ приборахъ, и размытая муть спускается по наклоннымъ шлюзамъ, покрытымъ рогожами, кокосовыми мо-

тами и снабженными поперечными деревянными брусками. Всѣ эти приспособленія задерживаютъ тяжелыя золотыя частички, тогда какъ легкая порода уносится токомъ воды.

Обработка же золотоносныхъ рудъ зависитъ отъ свойствъ той породы, въ которую включено золото. Изъ кварцевыхъ и окисленныхъ рудъ золото извлекается амальгамаціей и ціанированіемъ, а изъ колчеданистыхъ — хлорированіемъ. Амальгамація основана на свойствѣ золота растворяться въ ртути, давать съ ней амальгаму, и производится она растираніемъ со ртутью предварительно размолотой руды, или же амальгамированіе происходитъ одновременно съ размоломъ въ однихъ и тѣхъ же приборахъ. Наичаще пользуются послѣднимъ способомъ, который состоитъ въ слѣдующемъ. Руду размалываютъ подъ водой въ ступахъ толчеями, приливая во время размола ртуть (черт. 218). Крупныя, тяжелыя золотыя частички, освободившись при размолѣ отъ породы, не взмучиваются, остаются на днѣ и попадаютъ въ ртуть. Болѣе же мелкія частички золота вмѣстѣ со взмученной породой выносятся изъ ступъ непрерывно поступающей въ нее водой; вынесенная муть пропускается тонкимъ слоемъ по наклонному шлюзу, примыкающему къ чашѣ. Шлюзъ этотъ покрытъ мѣдными листами, натертыми ртутью, для улавливанія изъ мути мелкаго золота. Полученную въ ступахъ мальгаму прожимаютъ черезъ плотную ткань для удаленія жидкой ртути, остальную же ртуть изъ остатка удаляютъ сильнымъ нагрѣваніемъ.

Муть, удаляющаяся со шлюза, еще содержитъ золото, очень мелкое—плавучее, которое извлекается изъ нея помощью ціанированія. Съ этой цѣлью муть проводится черезъ деревянные чаны, гдѣ изъ нея осаждаются болѣе крупныя частицы породы—такъ называемая эфель, мельчайшія же частицы ила выносятся и идутъ въ особые приборы — отстойники для отдѣленія отъ нихъ воды. Эфеля загружаются въ деревянные чаны, въ которыхъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ дна устроена рѣшетка, покрытая холстомъ и служащая фильтромъ (такъ называемое ложное дно). На этомъ фильтрѣ лежатъ загруженные эфеля, и черезъ нихъ пропускаютъ водный растворъ ціанистаго калія, который, при содѣйствіи кислорода, растворяетъ золото, образуя растворимую въ водѣ двойную соль ціанистыхъ калія и золота $KAuCy_2$. Озолоченный растворъ проводится въ деревянные ящики (экстракторы), наполненные цинковыми стружками, которыя выдѣляютъ изъ раствора золото въ видѣ темно-коричневаго порошка, садящагося на дно ящика.

Золото изъ иловъ получается взбалтываніемъ ихъ съ растворомъ ціанистаго калія въ деревянныхъ или желѣзныхъ чанахъ. Послѣ окончанія взбалтыванія мути даютъ отстояться, и прозрачный растворъ спускаютъ въ ящики съ цинковыми стружками. Золотой осадокъ, осѣвшій въ цинковыхъ ящикахъ, выни-



Черт. 218. Толчея и шлюзы для выдѣленія золота изъ рудъ.

мается, сушится и послѣ обработки кислотами плавится въ графитовыхъ тигляхъ.

Извлеченіе золота изъ колчедановъ (см. т. II), главнымъ образомъ, сѣрнаго и мышьяковаго, производится помощью хлорнаціи. Съ этой цѣлью колчеданы обжигаютъ до полнаго удаленія сѣры и мышьяка и переведенія металловъ, соединенныхъ съ ними въ окиси. Обожженный продуктъ загружаютъ въ деревянные чаны,

на песочный фильтръ, и пропускаютъ черезъ него хлоръ. Хлоръ дѣйствуетъ только на золото и переводитъ его въ хлорное золото ($AuCl_3$). Послѣднее выщелачиваютъ водой, и изъ раствора осаждаютъ золото желѣзнымъ купоросомъ ($FeSO_4$). Для предохраненія дна и стѣнокъ чана отъ разъѣданія хлоромъ ихъ покрываютъ слоемъ вара.

Золото, полученное всѣми выше описанными способами, подвергается очисткѣ для удаленія серебра и нѣкоторыхъ другихъ примѣсей.

Серебро. Серебро было извѣстно въ глубокой древности. Изъ него приготовляли различныя украшенія, и имъ пользовались, какъ мѣновой единицей, въ торговыхъ сношеніяхъ. Полученіе серебра изъ рудъ производится огневымъ и мокрымъ способомъ. Огневой способъ состоитъ въ томъ, что богатую серебряную руду послѣ измельченія вносятъ въ расплавленный свинецъ, а бѣдныя серебромъ руды подвергаютъ возстановительной плавкѣ вмѣстѣ со свинцовыми рудами. Въ обоихъ случаяхъ серебро руды переходитъ въ свинецъ, образуя съ нимъ сплавъ. Изъ этого сплава серебро выдѣляютъ окислительной плавкой въ пламенныхъ печахъ, при чемъ свинецъ окисляется въ окись, которая въ расплавленномъ видѣ вытекаетъ изъ печи, а металлическое серебро остается на поду печи. Вмѣстѣ съ окисью свинца удаляются изъ сплава и окиси всѣхъ неблагородныхъ металловъ.

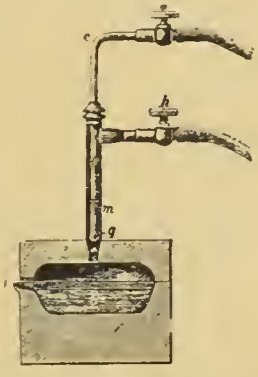
Къ мокрымъ способамъ принадлежатъ амальгамація, а также и извлеченіе серебра и его соединеній помощью перевода ихъ въ сѣрнокислыя или хлористыя соли и въ выщелачиваніи сѣрнокислой соли горячей водой, а хлористой воднымъ растворомъ поваренной или сѣрноватисто-натріевой соли ($Na_2S_2O_3$). Способъ амальгамаціи основанъ на свойствѣ серебра растворяться во ртути и давать съ ней амальгаму. Руды, содержащія самородное серебро, размалываютъ и полученный помолъ растираютъ въ присутствіи воды со ртутью.

Растираніе съ ртутью размолотой руды производятъ въ цилиндрическихъ чугунныхъ чанахъ между двумя горизонтальными жерновами, изъ которыхъ нижній «нижакъ» лежитъ неподвижно на днѣ чана, другой же, верхній, вращается. На нижней сторонѣ верхняго укрѣплены желѣзные башмаки, скользящіе по нижнему, которые перемѣшиваютъ руду со ртутью. Впуская въ чанъ воду, взмучиваютъ легкую породу и токомъ воды удаляютъ ее изъ чана. Оставшуюся въ чану серебряную амальгаму сначала прожимаютъ, а потомъ ртуть удаляютъ нагрѣваніемъ.

Въ видѣ сѣрнокислой соли серебро извлекается преимущественно изъ мѣдныхъ штейновъ. Съ этою цѣлью штейны измель-

чаютъ, подвергаютъ окислительному обжиганію, при которомъ серебро переходитъ въ сѣрнокислую соль, а сѣрнистыя желѣзо и мѣдь — въ ихъ окиси. Обожженный продуктъ выщелачиваютъ горячей водой, которая растворяетъ только сѣрнокислое серебро. Изъ раствора серебряной соли серебро выдѣляется зерненой мѣдью: $Ag_2SO_4 + Cu = CuSO_4 + 2Ag$. Для переведенія различныхъ соединеній серебра, находящихся въ рудахъ, въ хлористое серебро, руды подвергаютъ хлорирующему обжиганію, и полученное хлористое серебро выщелачиваютъ или растворомъ поваренной соли, или растворомъ сѣрноватисто натріевой. Изъ перваго раствора зерненой мѣдью осаждаютъ металлическое серебро, а изъ раствора въ сѣрноватисто натріевой соли помощью сѣрнистаго натрія — сѣрнистое серебро (Ag_2S). Выщелачиваніе производятъ въ деревянныхъ чанахъ, имѣющихъ фильтръ въ видѣ ложнаго дна. Порошокъ металлическаго серебра, осажденнаго мѣдью, промываютъ горячей водой, сушатъ, прессуютъ и сплавляютъ въ графитовыхъ тигляхъ. Осадокъ же сѣрнистаго серебра, послѣ обжиганія, растворяютъ въ расплавленномъ свинцѣ, и полученный серебросвинцовый сплавъ подвергаютъ окислительной плавкѣ.

Платина. Какъ самостоятельный металлъ, платина впервые была описана въ 1750 году. Добывается платина исключительно изъ розсыпей помощью промывки, такъ же, какъ и разсыпное золото. Полученная промывкой платина-сырецъ подвергается очисткѣ, такъ какъ она содержитъ до 30% различныхъ примѣсей, изъ которыхъ нѣкоторыя, напримѣръ, осмистый иридій, сами по себѣ представляютъ большую цѣнность. Очистка платины производится почти исключительно мокрыми способами. Одинъ изъ нихъ состоитъ въ слѣдующемъ: очищаемую платину сплавляютъ со свинцомъ, зернятъ, и полученныя зерна растворяютъ въ азотной кислотѣ. Нерастворившійся остатокъ, состоящій изъ платины, осмистаго иридія и небольшого количества свинца, кипятятъ въ царской водкѣ, смѣси азотной и соляной кислоты, которая растворяетъ платину и свинецъ, переводя ихъ въ хлористыя соли. Прибавивъ теперь къ раствору сѣрной кислоты, весь свинецъ переводятъ въ осадокъ въ видѣ нерастворимой сѣрносвинцовой соли. Фильтрованіемъ отдѣляютъ растворъ платины отъ осадка и осаждаютъ платину хлористымъ аммоніемъ въ видѣ двойной соли хлористой платины и хлористаго аммонія $(2NH_4Cl.PtCl_4)$. Полученный осадокъ отфильтровываютъ отъ жидкости, сушатъ и



Черт. 219. Печь для плавки платины.

удаляютъ хлористый аммоній прокаливаніемъ, такъ какъ онъ летучъ. Послѣ прокаливанія платина получается въ видѣ губки; ее переплавляютъ въ печи Девилля, нагрѣваемой теплотой горящаго въ *кислородѣ* свѣтильнаго газа; только при сожиганіи свѣтильнаго газа въ кислородѣ, а не въ воздухѣ, можно получить ту высокую температуру, при которой плавится платина, а именно 1.775° Ц. Печь для плавки платины, какъ видно изъ рис. 219, состоитъ изъ двухъ цилиндрическихъ кусковъ обожженной извести, внутри полыхъ. Въ углубленіе нижняго куска помѣщаютъ переплавляемую платину, а въ отверстіе въ верхнемъ кускѣ вставляютъ горѣлку, состоящую изъ двухъ трубокъ внѣшней и внутренней. По внутренней трубкѣ проводится свѣтильный газъ и на концѣ ея зажигается, кислородъ идетъ по внутренней. Отверстіе сбоку служитъ для отвода продуктовъ горѣнія, а также для выливанія расплавленной массы.

13. Крахмалъ и сахаръ.

Крахмалъ и сахаръ изъ всѣхъ углеводовъ (см. т. I Химію) нашли для себя наибольшее примѣненіе, какъ вещества питательныя, а сахаръ, кромѣ того, еще, какъ вещество вкусовое, обладающее самымъ чистымъ сладкимъ вкусомъ. Крахмалъ потребляется въ пищу въ очень значительномъ количествѣ, такъ какъ входитъ, какъ составная часть, въ сѣмена злаковъ, картофель и пр.; чаще крахмалъ потребляется безъ выдѣленія его изъ тканей растеній: имъ пользуются для питанія въ зернахъ, въ мукѣ, въ хлѣбѣ, въ вареномъ картофелѣ, но часть крахмала потребляется въ болѣе чистомъ видѣ, выдѣленномъ изъ тѣхъ частей растенія, въ которыхъ онъ въ наибольшемъ количествѣ находится въ видѣ чистаго крахмала, картофельной муки, крупы, саго и т. д. Сахаръ находится въ сладкихъ плодахъ, въ стебляхъ сахарнаго тростника, въ корняхъ сахарной свеклы; изъ тростника и свеклы онъ и добывается въ чистомъ видѣ. Создаются крахмалъ и сахаръ исключительно силами природы, накопляясь въ тѣхъ или другихъ частяхъ растеній, по мѣрѣ ихъ роста и созрѣванія, искусственно-технически не получаются и потому технической задачей по отношенію къ этимъ продуктамъ является только извлеченіе ихъ изъ растеній, отдѣленіе ихъ отъ другихъ веществъ. Нѣкоторая часть добытаго изъ растеній болѣе или менѣе очищеннаго крахмала подвергается технической переработкѣ съ цѣлью превращенія его въ другое питательное и вкусовое сладкое вещество — глюкозу, или виноградный сахаръ.

Крахмалъ отлагается различными растеніями въ значительныхъ количествахъ въ различныхъ частяхъ. У нѣкоторыхъ растеній, напр., у злаковъ — въ сѣменахъ, у картофеля — въ клубняхъ, у саговой пальмы — въ сердцевинѣ ствола, почему эти части растеній, наиболѣе богатыя отложеннымъ крахмаломъ, и идутъ на переработку для выдѣленія крахмала; больше всего добываютъ крахмала изъ клубней картофеля, которые содержатъ его около 20% отъ своего вѣса; изъ зеренъ пшеницы, содержащей около 68% крахмала; кукурузы (маиса)— около того же количества или, наконецъ, изъ риса около 72%; по исходному матеріалу продажный крахмалъ и получаетъ названіе картофельнаго, пшеничнаго, маисоваго или рисоваго. Крахмалъ отлагается въ видѣ маленькихъ зернышекъ, внѣдренныхъ въ клѣточкахъ растенія, въ которыхъ они лежатъ свободно и окружены сокомъ, какъ въ картофелѣ, или склеены бѣлковыми веществами въ сплошную твердую массу, какъ въ зернахъ злаковъ; зернышки крахмала имѣютъ болѣе или менѣе замѣтное слоистое строеніе (см. т. II, стр. 287 и 288).

Въ водѣ крахмальныя зерна не растворяются, но въ горячей водѣ въ 60—80° Ц. они, сильно разбухая и расплываясь, образуютъ густой сиропъ — крахмальный клейстеръ.

Производство крахмала состоитъ въ отдѣленіи зеренъ крахмала отъ всѣхъ остальныхъ тканей растенія, среди которыхъ крахмальныя зерна расположены, и сводятся къ слѣдующимъ работамъ: 1) къ возможно тонкому измельченію содержащаго въ себѣ крахмалъ матеріала; 2) отдѣленію зеренъ крахмала отъ кусочковъ другихъ тканей; 3) высушиванію и иногда внѣшней отдѣлкѣ полученнаго крахмала.

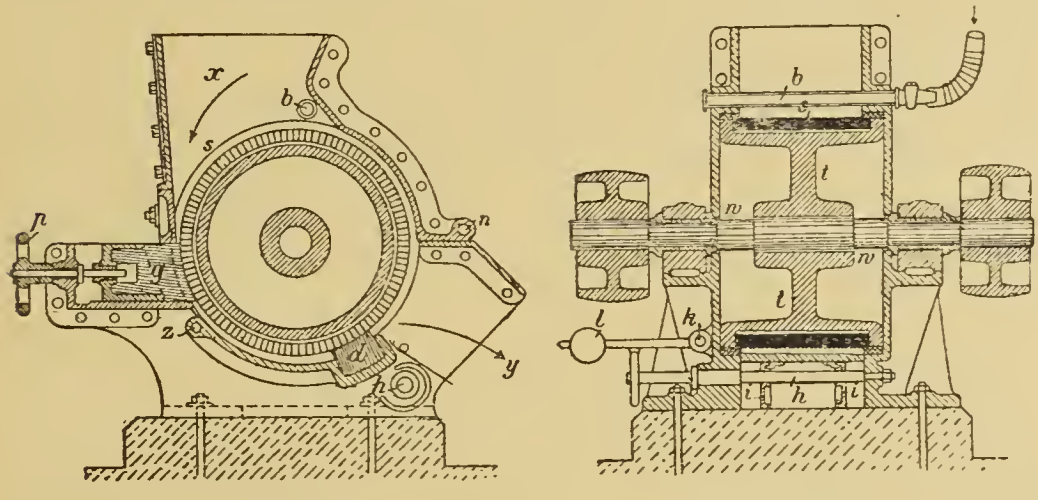
Если крахмалъ вырабатывается изъ картофеля, то послѣдній сначала отмывается отъ приставшей къ нему земли и грязи въ особыхъ моечныхъ аппаратахъ, а затѣмъ измельчается очень тщательно на спеціально устроенныхъ для этого теркахъ; такая терка изображена на чертежѣ (черт. 220 и 221). Терка эта состоитъ изъ быстро вращающагося на оси барабана t, поверхность котораго состоитъ изъ ряда стальныхъ мелкозубчатыхъ пилъ; картофель насыпается въ воронку x, захватывается вращающимся барабаномъ, при чемъ зубья пилъ отрываютъ отъ картофелинъ мелкіе кусочки; изъ трубки все время льется вода; изъ выпускного отверстія y выбрасывается только мелко истертый картофель, образовавшій съ водой кашку и откуда она собирается въ большой цементный резервуаръ; измельченіе должно быть таково, чтобы большая часть клѣточекъ была разорвана и крахмальныя зерна могли бы изъ нихъ выйти. Слѣдующей за-

тѣмъ операціей должно быть отдѣленіе крахмальныхъ зернышекъ отъ волоконъ растительныхъ тканей, окружавшихъ крахмалъ въ картофелинѣ и отъ всего, что въ клѣточкахъ картофеля содержалось; для этого полученную изъ-подъ терокъ кашку промываютъ водой на ситахъ съ мелкими отверстіями, при чемъ крахмальныя зерна съ водой проходятъ черезъ отверстія, а значительная часть волоконъ тканей задерживается на ситахъ; сита для этого устраиваются или плоскія, или цилиндрическія. Мы опишемъ только плоское сито, которое представляетъ собой узкую, длинную раму, установленную нѣсколько наклонно по своей длинѣ, обтянутую металлической мелкой сѣткой; на болѣе высокій конецъ сита помѣщается кашка, сито приводится въ постоянное сотрясеніе и, кромѣ того, сверху орошается струйками воды. Освободившіяся отъ крахмала волокна тканей — мезга — сбрасывается съ нижняго конца сита и идетъ на кормъ скоту; прошедшій черезъ сито вмѣстѣ съ водой крахмалъ — крахмальное молоко — пропускаютъ еще разъ черезъ такое же сотрясающееся сито, только съ болѣе мелкими отверстіями, чтобы задержать болѣе мелкіе кусочки разорванныхъ тканей.

Прошедшее черезъ сито крахмальное молоко представляетъ собой воду, въ которой растворено все, что было въ сокѣ картофеля: соли, сахаристыя вещества, бѣлковыя вещества и пр., и въ которой во взвѣшенномъ состояніи находятся крахмальныя зерна, обрывки тканей, нерастворимые въ водѣ бѣлки. Для отдѣленія крахмала отъ всѣхъ этихъ примѣсей крахмальное молоко подвергаютъ отстаиванію въ большихъ чанахъ, цементированныхъ или деревянныхъ; такъ какъ крахмалъ по удѣльному вѣсу тяжеле, чѣмъ остальныя взвѣшенныя въ водѣ примѣси, то раньше всего и начинаютъ садиться на дно крупныя крахмальныя зерна, потомъ болѣе мелкія и, наконецъ, перемѣшиваясь съ мелкими зернами, начинаютъ садиться и примѣси. Черезъ нѣкоторое время мутную воду съ растворенными въ ней веществами — «соковую воду» — осторожно сливаютъ, вмѣсто нее наливаютъ въ чанъ на осадокъ чистой воды, разбалтываютъ въ ней осадокъ, опять даютъ ему отстояться, снова сливаютъ воду и т. д. Послѣ нѣсколькихъ такихъ промываній и отстаиваній, спустивши воду, снимаютъ лопаткой верхній, болѣе мелкій и грязный слой крахмала, а внизу остается чистый крахмалъ.

Полученный грязевой крахмалъ перерабатывается еще разъ тѣми же пріемами, размѣшивается съ водой, пропускается черезъ сито, отстаивается и промывается, при чемъ изъ него выдѣляютъ часть чистаго крахмала, а получающійся при этомъ повторномъ процессѣ грязевой крахмалъ идетъ въ отбросы.

Чистый крахмалъ, выбранный изъ чановъ или желобовъ, содержитъ до 60% воды; 20—25% этой воды можно удалить механически, что лучше всего производится въ центрофугахъ — быстро вращающихся на вертикальной оси барабанахъ, стѣнки которыхъ пробиты мелкими отверстіями; барабанъ изнутри покрывается металлической сѣткой, а на нее накладывается бумазея. Если барабанъ привести во вращеніе и въ него сверху вливать разболтанный въ водѣ крахмалъ, то центробѣжная сила отброситъ и сильно прижметъ крахмалъ къ стѣнкамъ барабана, а вода той же силой продавливается черезъ бумазею и сѣтку и удаляется изъ барабана; получится слой крахмала съ 35—40% воды. Эта вода удаляется въ особыхъ сушильняхъ, предста-



продольный разрѣзъ. поперечный разрѣзъ.

Черт. 220—221. Терка для картофеля.

вляющихъ собою камеры или шкапы съ полками, на которыхъ помѣщается сырой крахмалъ; камеры эти вентилируются и подогрѣваются такъ, чтобы сырой крахмалъ не нагрѣвался выше 35—40° Ц., иначе онъ начнетъ давать клейстеръ. Совершенно удалять воду изъ крахмала нѣтъ надобности, такъ какъ сухой крахмалъ гигроскопиченъ и все равно притянетъ изъ воздуха 18—20% влаги.

Изъ сушильни крахмалъ получается въ видѣ неправильной формы комочковъ, ихъ разламываютъ между парой валиковъ и просѣиваютъ черезъ сито; чтобы замаскировать легкую желтизну крахмала, при размалываніи къ нему прибавляютъ немного синьки (ультрамарина).

Выдѣленіе крахмальныхъ зеренъ изъ пшеницы произвести гораздо труднѣе, чѣмъ изъ картофеля, такъ какъ въ пшеницѣ онѣ окружены плотной роговой консистенціи массой — клейкови-

ной. Обыкновенно для добыванія крахмала зерна пшеницы замачиваютъ дня два въ водѣ, затѣмъ сдѣлавшіяся мягкими зерна пропускаютъ между вальцами, давленіемъ которыхъ зерна раздавливаются; такую массу раздавленныхъ зеренъ (иногда работаютъ крахмалъ изъ муки) размѣшиваютъ съ водой въ тѣсто, которое затѣмъ подвергается обработкѣ въ чанахъ съ мѣшалками, пропусканію сквозь сита, отстаиванію и т. д., т.-е. тѣмъ же операціямъ, какія примѣняются при добываніи крахмала изъ картофеля; отдѣленіе крахмала здѣсь труднѣе, его получается немного, такъ какъ мѣшаетъ клейковина (бѣлковыя вещества), которая удерживаетъ большое число крахмальныхъ зеренъ. Клейковина, оставшаяся послѣ отмыванія крахмала отъ тѣста, имѣетъ сбытъ и цѣнность, такъ какъ идетъ на фабрикацію макаронъ, изготовленіе сапожнаго клея и др.

Если не дорожатъ клейковиной, а желаютъ имѣть большій выходъ крахмала, то раздавленныя зерна пшеницы оставляютъ съ водой въ чанахъ дней 10—12, при этомъ развивается броженіе, жидкость дѣлается кислой, клейковина разрыхляется и дѣлается менѣе вязкой, почему при дальнѣйшей обработкѣ массы на ситахъ, отстаиваніи и пр. крахмалъ выдѣляется лучше и выходъ его больше.

Еще прочнѣе связанъ крахмалъ съ бѣлковыми веществами въ рисѣ и маисѣ, почему при добываніи крахмала изъ этихъ матеріаловъ, чтобы разрушить бѣлковыя вещества, зерна риса или маиса замачиваютъ въ водѣ, къ которой прибавляютъ щелочи (ѣдкій натръ), или въ которой растворяютъ сѣрнистый газъ. Разбухшія зерна раздавливаются вальцами; полученная кашка промывается на ситахъ водой съ прибавленіемъ тѣхъ же реактивовъ, а затѣмъ чистой водой; дальнѣйшая обработка сходна съ описанной выше обработкой картофельнаго крахмала. По своей бѣлизнѣ, блеску, склеивающей способности клейстера на первомъ мѣстѣ стоитъ крахмалъ рисовый, но онъ же и самый дорогой, затѣмъ — пшеничный; хуже ихъ, но зато гораздо дешевле обходится крахмалъ картофельный.

Виноградный сахаръ (глюкоза) готовится у насъ изъ картофельнаго, въ Америкѣ—изъ маисоваго крахмала. Такой крахмалъ разбалтывается въ водѣ, и полученное молоко вливаютъ въ нагрѣтый 2% растворъ сѣрной кислоты въ водѣ; при нагрѣваніи съ кислотой, нерастворимый въ водѣ крахмалъ постепенно превращается въ растворимый въ водѣ, обладающій сладкимъ вкусомъ углеводъ — глюкозу или виноградный сахаръ. Когда весь крахмалъ перейдетъ въ растворимые въ водѣ продукты, іодъ не будетъ давать синяго окрашиванія (реакція, которой обнаружи-

вается присутствіе крахмала), къ полученному раствору прибавляютъ мѣла, который съ сѣрной кислотой будетъ давать, нейтрализуя кислоту, мало растворимую въ водѣ сѣрнокислую соль извести (гипсъ). Для отдѣленія раствора отъ выдѣляющагося осадка гипса растворъ фильтруютъ черезъ полотно, а затѣмъ для удаленія самой тонкой мути и для обезцвѣчиванія пожелтѣвшаго при нагрѣваніи раствора черезъ угольные фильтры — желѣзные цилиндры, наполненные кусками угля, полученными прокаливаніемъ безъ доступа воздуха костей животныхъ.

Профильтрованный черезъ уголь растворъ сгущаютъ (уваривают) до опредѣленной густоты и въ такомъ видѣ, т.-е. въ видѣ густого, свѣтло-желтаго сиропа, похожаго на медъ, виноградный сахаръ выпускается въ продажу. Такой сиропъ называютъ картофельной или крахмальной патокой; идетъ онъ, главнымъ образомъ, въ конфетное и кондитерское дѣло и на поддѣлку меда. Иногда сиропъ уваривают до такой густоты, что онъ, разлитый въ формы, при охлажденіи до обыкновенной комнатной температуры застываетъ въ твердую массу и выпускается въ продажу въ видѣ плитокъ.

Сахаръ. Сахароза (см. т. I Органич. химія, углеводы), которую раньше отличали отъ другихъ растворимыхъ и сладкихъ углеводовъ названіемъ тростниковый сахаръ, теперь называется въ общежитіи просто сахаромъ. Въ небольшихъ количествахъ, въ смѣси съ другими сахарами, напримѣръ, виноградным, плодовым она образуется въ сладкихъ плодахъ, въ корняхъ свеклы, моркови, въ стебляхъ сахарнаго тростника, сорго, въ стволахъ сахарнаго клена. По сравненію съ другими сахарами сахароза отличается болѣе сладкимъ и чистымъ вкусомъ, и способностью хорошо кристаллизоваться, что даетъ возможность получать ее въ совершенно чистомъ видѣ; технически сахароза добывается изъ тростника и свеклы. Въ Европѣ сахаръ сталъ извѣстенъ послѣ похода Александра Македонскаго въ Индію; возвратившіеся изъ похода греки принесли съ собой сахаръ, добываемый въ Индіи изъ сока сахарнаго тростника; до тѣхъ поръ сладкими пищевыми веществами были медъ и сладкіе плоды. Еще очень долго послѣ этого сахаръ привозился изъ Индіи и былъ очень дорогъ; затѣмъ перевезли изъ Индіи сахарный тростникъ и начали разводить его на островахъ и по берегамъ Средиземнаго моря и изъ него получать сахаръ; сѣвернѣе тростникъ не могъ воздѣлываться, такъ какъ требуетъ очень теплаго климата. Съ открытіемъ Америки тростникъ начинаютъ преимущественно воздѣлывать въ средней и южной Америкѣ и на островахъ Вестъ-Индіи, и весь сахаръ до начала XIX вѣка былъ привозный; спросъ на сахаръ

очень сильно увеличивался, несмотря на его высокую цѣну. Когда въ концѣ XVIII столѣтія узнали, что тотъ же тростниковый сахаръ имѣется, хотя и въ маломъ количествѣ, въ европейскомъ растеніи именно въ корняхъ свеклы, началась усиленная работа во Франціи и Германіи, поставившая своей цѣлью техническое добываніе сахара изъ свеклы, въ возможно бо́льшемъ количествѣ, и его удешевленіе. Результатомъ этой работы на протяженіи столѣтія получилось то, что въ настоящее время міровая добыча сахара доходитъ до 800.000.000 пудовъ въ годъ (изъ нихъ около $^2/_3$ изъ свеклы, главнымъ образомъ, въ Европѣ и $^1/_3$ изъ тростника въ Америкѣ, на островахъ Америки и Азіи) и продолжаетъ постепенно увеличиваться, цѣна же на него постепенно понижается, вслѣдствіе чего онъ дѣлается доступнымъ болѣе широкимъ слоямъ населенія (въ началѣ XIX столѣтія фунтъ сахара въ Западной Европѣ стоилъ 3—4 франка, т.-е. 1 р. — 1 р. 30 к.).

Культурой (см. т. IV «Нар. Энц.» Земледѣліе) свекла превращена въ растеніе двухлѣтнее, т.-е. изъ посаженныхъ весной сѣмянъ за лѣто растеніе развиваетъ извѣстное количество листьевъ (ботва) и довольно массивный корень (буракъ), въ которомъ къ осени накопляется наибольшее количество сахара. Если нужно получить сѣмена, то осенью выкапываютъ растеніе, обрѣзываютъ листья, и корень сохраняется въ подвалѣ до весны; тогда его высаживаютъ въ землю, онъ прорастаетъ, образуются новые листья, а къ концу лѣта — и стержень, несущій на себѣ цвѣты, а потомъ — сѣмена. Если же свекла идетъ на выработку изъ нея сахара, то выкопанные въ концѣ перваго года корни, послѣ обрѣзки листьевъ, перевозятся къ заводу и складываются въ длинныя, невысокія кучи — кагаты или бурты, укрываются соломой, а затѣмъ — землей для того, чтобы защитить ихъ отъ увяданія, пока тепло, и отъ промерзанія зимой; по мѣрѣ надобности кагаты раскрываются, и свекла подается въ заводъ. При долговременномъ лежаніи въ кагатахъ свекла медленно, но постепенно портится, количество сахара въ ней уменьшается, и она дѣлается менѣе доброкачественной; поэтому стараются переработать ее, какъ можно скорѣе. Переработка свеклы продолжается обыкновенно не больше 3—4 мѣсяцевъ, начиная со времени созрѣванія свеклы, т.-е. съ начала или половины сентября.

Поступающая въ заводъ свекла, прежде всего, отмывается отъ приставшей къ ней земли и соломы въ моечныхъ аппаратахъ или мойкахъ; это — ящикъ, наполненный всегда водой, притекающей въ него съ одного конца и уходящей съ другого; въ этомъ ящикѣ вращается погруженный въ воду валъ съ насаженными

на него (по спирали) кулаками. Свекла поступаетъ въ ящикъ съ одного конца, захватывается кулаками и, то погружаясь въ воду, то всплывая, передвигается къ противоположному концу ящика, гдѣ захватывается особыми ковшами и вынимается уже вымытая.

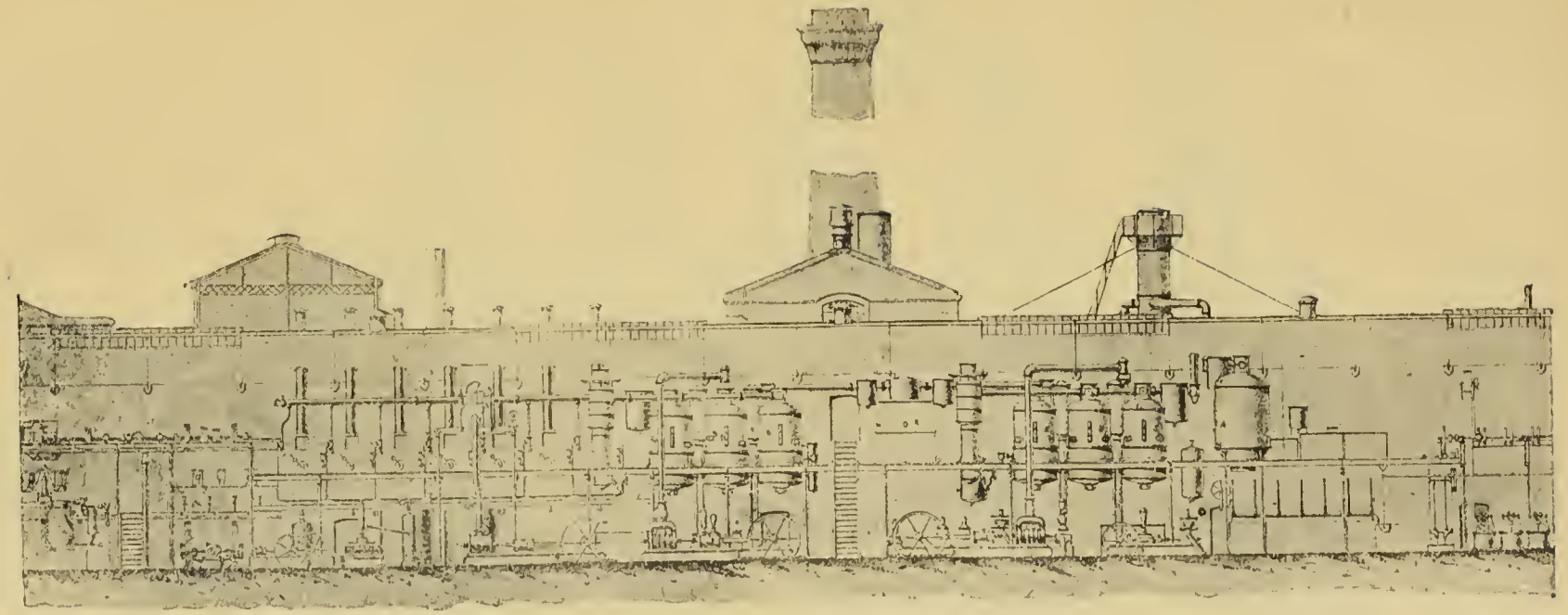
Въ настоящее время сахаръ изъ свеклы извлекается способомъ, основаннымъ на явленіи диффузіи (см. т. I Физика) и называемымъ поэтому диффузіоннымъ. Если взять ломтикъ свеклы и опустить его въ стаканъ съ водой, то очень скоро въ водѣ окажется нѣкоторое количество сахара и другихъ веществъ (несахара), которыя были растворены въ сокѣ свеклы; сначала это будетъ сахаръ и несахаръ, которые находились въ поверхностныхъ клѣточкахъ ломтика, частью разрушенныхъ при отрѣзываніи ломтика; но когда содержимое этихъ клѣточекъ перейдетъ въ воду, начнутъ, проникая черезъ стѣнки клѣточекъ, переходить въ воду сахаръ и несахаръ изъ клѣточекъ, лежащихъ внутри ломтика. Этотъ переходъ — диффундированіе въ воду растворенныхъ въ сокѣ веществъ — будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока содержаніе сахара въ водѣ и въ сокѣ внутри клѣточекъ не сдѣлается одинаковымъ, и тогда процессъ остановится. Если затѣмъ воду изъ стакана вылить и, оставивши тамъ ломтикъ, налить еще чистой воды, то снова начнется диффузія сахара и несахара изъ клѣточекъ въ воду; сливая воду нѣсколько разъ и замѣняя ее чистой, можно достигнуть того, что почти весь сахаръ перейдетъ въ воду и только совершенно незначительное количество его останется въ сокѣ внутри клѣтокъ. Нѣкоторыя изъ веществъ, растворенныхъ въ сокѣ свеклы — соли, сахаръ диффундируютъ скорѣе, чѣмъ другія органическія вещества; есть, наконецъ, вещества неспособныя диффундировать черезъ стѣнки клѣтки; поэтому, пользуясь диффузіей, можно перевести въ воду почти весь сахаръ въ то время, какъ часть медленно диффундирующаго несахара еще останется внутри клѣтокъ.

Технически выдѣленіе сахара изъ свеклы диффузіей производится слѣдующимъ образомъ: свеклу на особыхъ машинахъ, называемыхъ рѣзальными машинами, превращаютъ въ стружки, которыми загружаютъ большіе желѣзные цилиндрическіе сосуды (емкостью 300—500 ведеръ), запирающіеся герметически сверху и снизу крышками; такіе сосуды называются диффузорами, ихъ обыкновенно устанавливаютъ рядомъ штукъ 10—12 и соединяютъ трубами такъ, что вода или сокъ можетъ послѣдовательно перетекать изъ одного въ другой и пройти черезъ всѣ; такая установка называется диффузіонной батареей. Вся система трубъ, соединяющихъ между собой диффузоры, соединена также съ высоко

стоящимъ водянымъ бакомъ, изъ котораго вода по трубѣ входитъ въ низъ диффузора, нагруженнаго свекловичной стружкой, и, поднимаясь медленно вверхъ, извлекаетъ часть ея сахара; когда вода наполнитъ диффузоръ, ее направляютъ по перепускной трубѣ въ нижнюю часть второго, при чемъ свѣжая вода изъ бака все время пускается въ первый диффузоръ. Пройдя черезъ второй диффузоръ, наполненный стружкой, вода отберетъ и здѣсь часть сахара. Воду, насыщающуюся постепенно сахаромъ, пропускаютъ черезъ всѣ диффузоры батареи, наполненные стружкой; изъ послѣдняго диффузора получается растворъ, содержащій сахара немногимъ меньше, чѣмъ его заключается въ сокѣ свеклы; этотъ растворъ, называемый диффузіоннымъ сокомъ, отводится трубой для дальнѣйшей обработки. Стружка въ томъ диффузорѣ, въ который поступала постоянно свѣжая вода, отдастъ водѣ почти весь свой сахаръ; этотъ первый диффузоръ отдѣляютъ отъ остальныхъ, воду изъ бака впускаютъ во второй, который теперь дѣлается первымъ во всей батареѣ диффузоровъ, а въ предыдущемъ открываютъ верхнюю и нижнюю крышки и обезсахаренная стружка вмѣстѣ съ водой выпадаетъ въ расположенный подъ диффузорами желобъ и удаляется съ завода. Эту высоложенную (обезсахаренную) стружку, называемую жомомъ, складываютъ въ ямы, послѣ чего его оттуда по мѣрѣ надобности берутъ на кормъ скоту. Диффузоръ, изъ котораго удалили высоложенную стружку, снова наполняютъ свѣжей и въ него впускаютъ сокъ, прошедшій черезъ всѣ остальные диффузоры, т.-е. онъ дѣлается въ батареѣ послѣднимъ.

Для того, чтобы диффузія совершалась быстрѣе и полнѣе, сокъ при переходѣ изъ одного диффузора въ другой подогрѣвается паромъ въ, такъ называемыхъ, калоризаторахъ. Калоризаторъ представляетъ желѣзный цилиндръ, въ который вставлены трубки; по этимъ трубкамъ проходитъ сокъ, а паръ заполняетъ промежутки между ними; у каждаго диффузора имѣется калоризаторъ.

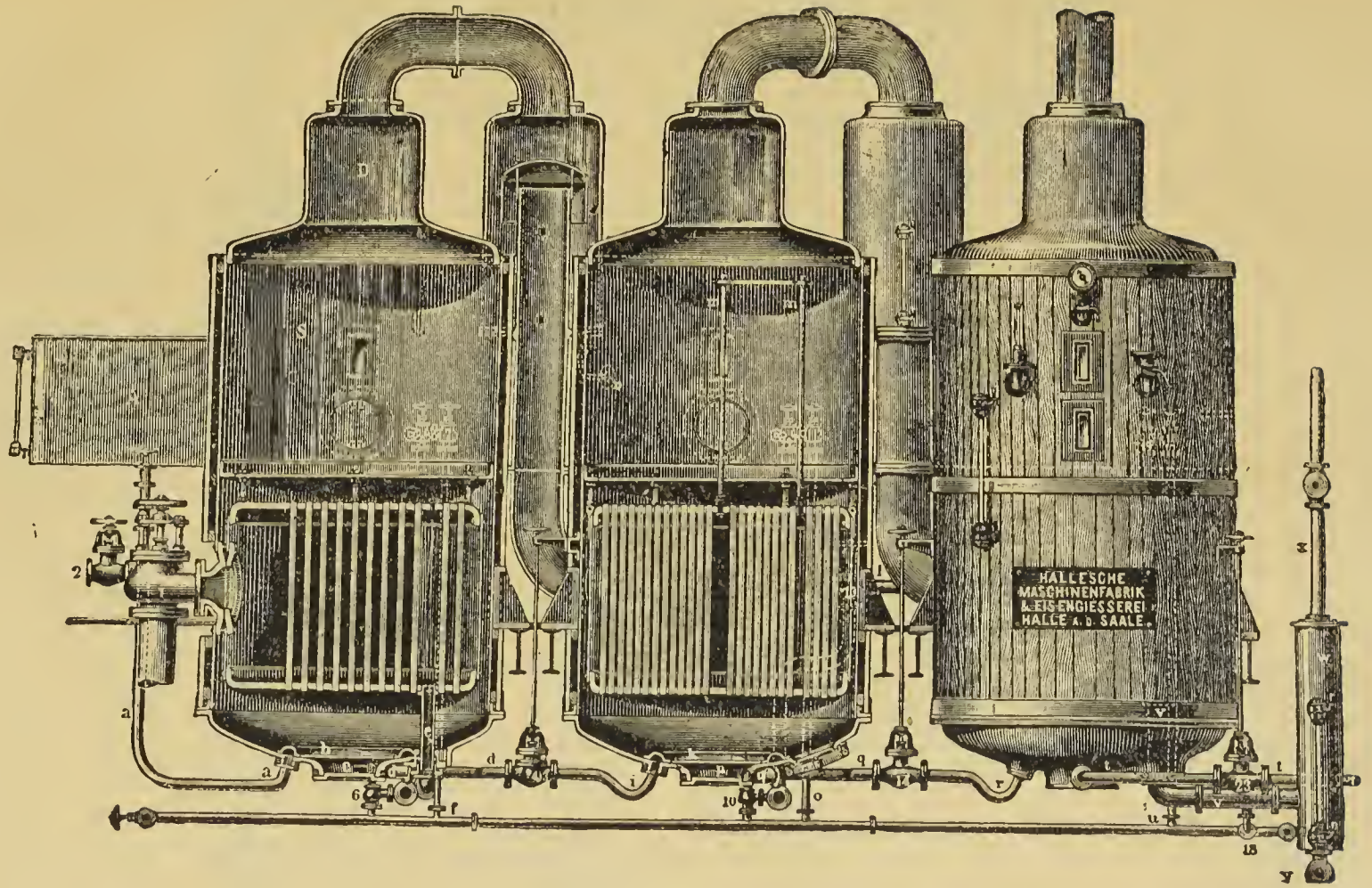
Диффузіонный сокъ, выходящій изъ послѣдняго диффузора, представляетъ собой мутную красновато-бураго цвѣта жидкость, заключающую въ себѣ плавающія волокна свеклы. Слѣдующей задачей будетъ очищеніе сока, т.-е. удаленіе изъ раствора возможно большаго количества несахара; для этого сокъ, прежде всего, нагрѣваютъ до кипѣнія, при этомъ нѣкоторыя вещества, растворенныя въ сокѣ, свернутся, т.-е. перейдутъ въ нерастворимое состояніе; затѣмъ къ соку прибавляютъ 2—3% по его вѣсу извести. Известь предварительно гасится водой; гашеную известь взбалтываютъ въ водѣ, и полученное, такимъ образомъ, известковое молоко



Черт. 222. Внутренній видъ свекло-сахарнаго завода.

въ опредѣленномъ количествѣ прибавляютъ къ соку, перемѣшиваютъ съ нимъ и нагрѣваютъ до 80—85° Ц.; при этомъ происходитъ выдѣленіе нѣкоторой части растворенпаго несахара изъ раствора, напримѣръ, нѣкоторыя органическія кислоты образуютъ съ известью нерастворимыя известковыя соли. Эта операція очищенія сока известью называется дефекаціей; часть прибавляемой при дефекаціи извести растворяется въ сокѣ, реакція сока дѣлается сильно щелочной (см. т. I, Химію); чтобы удалить изъ раствора эту известь, въ сокъ пропускаютъ углекислоту, которая, соединяясь съ известью, образуетъ нерастворимую соль — углекислый кальцій ($CaCO_3$); обработка щелочного сока углекислотой называется сатураціей. Для дефекаціи и сатураціи сокъ напускается въ большіе желѣзные котлы, туда приливается известковое молоко; для нагрѣванія въ котлѣ проложены трубы, по которымъ пропускаютъ паръ, а для сатураціи углекислотой въ нижней части котла имѣется еще труба съ рядомъ небольшихъ отверстій въ ея стѣнкахъ; въ эту трубу впускается углекислота, которая, выходя изъ отверстій пузырьками, поднимается въ сокѣ, смѣшивается съ нимъ и соединяется съ растворенной въ сокѣ известью. Нужныя для дефекаціи и сатураціи известь и углекислота добываются одновременно разложеніемъ, при дѣйствіи высокой температуры, известняка или мѣла ($CaCO_3$) въ спеціально для этого устраиваемыхъ известеобжигательныхъ печахъ, напоминающихъ доменныя (см. статью «Металлургія желѣза»). Печь имѣетъ видъ высокой башни, въ которую сверху загружаютъ коксъ и известнякъ чередующимися слоями. Когда температура въ печи достигнетъ извѣстной высоты, начинаетъ разлагаться известнякъ на известь и углекислоту; получающаяся известь періодически выгружается черезъ особыя выгребныя отверстія въ нижней части печи, а выдѣляющаяся углекислота поднимается кверху и черезъ трубу вытягивается насосомъ изъ печи, пропускается для промыванія отъ пыли и сажи черезъ воду и нагнетается въ сатураціонные котлы (сатураторы).

Образующійся въ сатураціонныхъ котлахъ обильный осадокъ углекислой извести, обволакивая и включая въ себѣ весь выдѣлившійся при дефекаціи несахаръ, отдѣляется отъ очищеннаго сока фильтраціей, которая производится на фильтрпрессахъ. Фильтрпрессы представляютъ рядъ чугунныхъ квадратныхъ рамъ, чередующихся съ чугунными рифлеными досками, установленными на желѣзной станинѣ; между рамами и досками прокладывается плотно и при помощи винта плотно прижимаются другъ къ другу. Во внутреннюю полость рамъ насосомъ вгоняется сокъ изъ сатураціонныхъ котловъ вмѣстѣ съ осадкомъ или грязью;



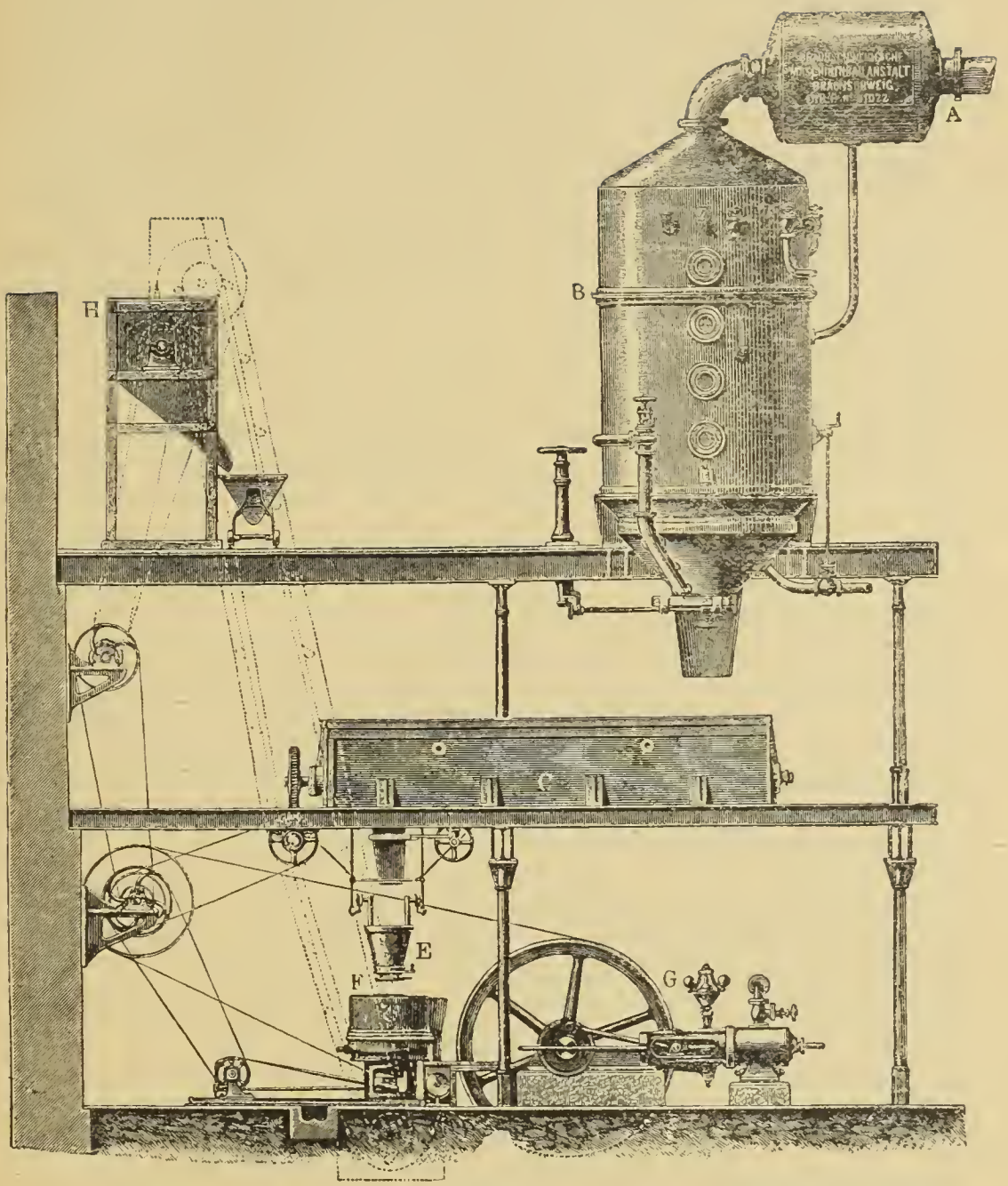
Черт. 223. Трехкорпусный выпарной аппаратъ.

сокъ проходитъ сквозь полотно, стекаетъ по канальцамъ досокъ и черезъ краны вытекаетъ въ сборникъ сока. Грязь остается въ рамѣ и постепенно ее заполняетъ, тогда прекращаютъ впускъ сока въ фильтрпрессъ, а вмѣсто него впускаютъ воду, чтобы промыть осадокъ отъ содержащаго сахаръ сока; затѣмъ отодвигаютъ по очереди одну раму отъ другой, осадокъ выпадаетъ изъ рамъ въ подставленный внизъ желобъ и удаляется съ завода; этотъ осадокъ — фильтрпрессная грязь — на нѣкоторыхъ почвахъ можетъ быть употребляемъ, какъ удобреніе.

Въ фильтрпрессахъ фильтрація происходитъ подъ давленіемъ насоса и вслѣдствіе этого самыя мелкія частицы осадка продавливаются черезъ полотно, а профильтрованный сокъ содержитъ тонкую муть; чтобы удалить ее, сокъ еще разъ фильтруется черезъ полотно уже безъ давленія на особыхъ фильтрахъ, называемыхъ механическими фильтрами, послѣ чего получается совершенно прозрачный, слабо окрашенный въ желтоватый цвѣтъ. Такой очищенный сокъ содержитъ въ себѣ всѣхъ растворенныхъ веществъ 12—14%, и изъ него нужно выпарить очень большое количество воды, потому что сахаръ выкристаллизовывается когда содержаніе растворенныхъ веществъ въ сокѣ будетъ около 90%.

Выпариваніе сока всегда производится въ закрытыхъ котлахъ, изъ которыхъ выкачивается воздухъ и удаляются образующіеся при выпариваніи сока пары, чѣмъ поддерживается въ аппаратѣ разрѣженіе вслѣдствіе этого и кипѣніе сока происходитъ при температурѣ отъ 60 до 95° Ц., въ зависимости отъ степени разрѣженія въ аппаратѣ.

Выпарной аппаратъ (черт. 223) состоитъ изъ нѣсколькихъ (3—5) корпусовъ—желѣзныхъ котловъ; внутри каждаго, въ нижней его части, установлены латунныя трубки, по которымъ проходитъ паръ, нагрѣвающій сокъ; сокъ набирается въ котелъ до половины его высоты. Для нагрѣванія сока въ I корпусѣ берется отработавшій паръ изъ паровой машины (см. прикладную механику), онъ нагрѣваетъ сокъ до кипѣнія; паръ, выдѣляющійся изъ сока, поднимается вверхъ и по широкой трубѣ переходитъ въ нагрѣвныя трубки второго корпуса; соковые пары, нагрѣвая сокъ второго корпуса, сгущаются въ воду и тѣмъ производятъ разрѣженіе въ первомъ корпусѣ, такъ какъ вода занимаетъ объемъ гораздо меньше, чѣмъ ея пары. Выдѣлившіеся изъ сока во второмъ корпусѣ пары направляются въ паровыя трубки третьяго, гдѣ они отдаютъ тепло находящемуся тамъ соку и сами сгущаются. Изъ послѣдняго корпуса (въ нашемъ аппаратѣ изъ третьяго) «соковые пары» идутъ въ конденсаторъ.



Черт. 224. Вакуумъ-аппаратъ, мѣшалка для утфеля, центрофуга:
B—вакуумъ-аппаратъ, надъ нимъ ловушка;
G—мѣшалка для утфеля;
E—вагончикъ для утфеля:
F—центрофуга;
G—паровая машина:
H—сушильный барабанъ для сахара.

Конденсаторъ представляетъ желѣзный цилиндръ, соединенный съ верхней частью выпарного аппарата; сверху въ него по трубѣ непрерывно вбрызгивается вода; брызги смѣшиваются съ поднимающимся ей навстрѣчу, идущимъ изъ выпарного аппарата, паромъ; паръ охлаждается водой и превращается въ воду, при чемъ вслѣдствіе сильнаго сокращенія большого объема пара въ очень малый объемъ воды происходитъ разрѣженіе въ трубѣ и въ самомъ выпарномъ аппаратѣ. Вода, поступающая въ конденсаторъ и образующаяся отъ сгущенія паровъ, стекаетъ изъ цилиндра конденсатора по длинной трубѣ въ бакъ; если трубу эту сдѣлать длиннѣе 10,3 метровъ (высота барометрическаго столба воды см. т. I Физику), то она никогда не заполнитъ цилиндра конденсатора и будетъ всегда стоять въ трубѣ на нѣкоторомъ уровнѣ, отвѣчающемъ степени разрѣженія въ аппаратѣ.

Въ послѣднемъ корпусѣ сокъ доводится до такой концентраціи, что въ растворѣ его заключается 55—60% растворенныхъ веществъ; такой сокъ называется сиропомъ; его постепенно по мѣрѣ выпариванія выкачиваютъ изъ послѣдняго корпуса, профильтровываютъ черезъ полотно на механическихъ фильтрахъ для удаленія появляющейся при выпариваніи мути. Профильтрованный сиропъ подвергаютъ дальнѣйшему выпариванію до выдѣленія сахара изъ раствора въ видѣ кристалловъ; это выпариваніе сиропа, или какъ его называютъ, увариваніе на кристаллъ, производится въ вакуумъ-аппаратѣ также при разрѣженіи съ помощью конденсатора (см. черт. 224); сиропъ наполняетъ всю нижнюю часть аппарата и покрываетъ изогнутые спиралью трубы, по которымъ пропускается паръ для нагрѣванія сиропа; сиропъ уваривают до тѣхъ поръ, пока часть сахара выдѣлится изъ раствора въ видѣ мелкихъ кристалловъ. Послѣ этого продолжаютъ увариваніе, время отъ времени впуская въ аппаратъ небольшія порціи сиропа такъ, чтобы не растворять образовавшихся уже кристалловъ, а увеличивать ихъ постепенно до нѣкоторой величины. Въ концѣ увариванія получается густая масса, состоящая изъ кристалловъ сахара и небольшого количества желтаго цвѣта жидкости, заключающей въ растворѣ весь несахаръ, какой оставался въ сокѣ послѣ очищенія, и, конечно, еще извѣстное количество сахара. Такая масса называется утфелемъ; ее выпускаютъ изъ вакуумъ-аппарата черезъ отверстіе въ нижней части его въ корытообразный сосудъ, посрединѣ котораго вращается медленно валъ съ насаженными на него кулаками; въ немъ горячій утфель при перемѣшиваніи медленно охлаждается до 45—50° Ц. Отсюда утфель помощью подвѣсныхъ вагончиковъ перемѣщается въ центробѣжныя ма-

шины, или центрофуги (см. выше «Крахмалъ»), для отдѣленія кристалловъ отъ междукристальной жидкости. Внесенная въ центрофугу порція утфеля отбрасывается на его стѣнки, прижимается къ сѣткѣ, при чемъ кристаллы сахара задерживаются сѣткой и остаются на ней, а междукристальная жидкость проходитъ черезъ сѣтку; черезъ нѣкоторое время въ средину барабана впускаютъ немного пара, онъ подогрѣваетъ кристаллы, благодаря чему, прилипшая къ нимъ жидкость легко отдѣляется; часть пара, кромѣ того, сгущается въ воду и нѣсколько обмоетъ кристаллы. Когда междукристальная жидкость совершенно отдѣлится отъ кристалловъ, вращающійся барабанъ останавливаютъ, выгребаютъ изъ него кристаллическій сахаръ, передаютъ въ особое помѣщеніе завода, хорошо вентилируемое, гдѣ сахаръ, разсыпанный тонкимъ слоемъ, быстро высыхаетъ и въ такомъ видѣ, съ названіемъ сахарнаго песка, является уже продажнымъ товаромъ.

Отдѣленная на центрофугѣ отъ кристалловъ сахара междукристальная жидкость—оттекъ—заключаетъ въ себѣ, кромѣ несахара, еще много сахара; если ее уварить въ вакуумъ-аппаратѣ до опредѣленной густоты и спустить въ корытообразные, снабженные мѣшалками, сосуды-кристаллизаторы и оставить тамъ при перемѣшиваніи и при температурѣ 40—45° Ц., то въ теченіе 2—3 дней изъ оттека выкристаллизуется еще нѣкоторое количество сахара, такъ называемаго, желтаго сахара, который отдѣляютъ также на центрофугахъ; но такъ какъ онъ заключаетъ въ себѣ довольно много примѣси несахара, то его р. воряютъ въ сокѣ передъ сатураціей, и онъ подвергается очищенію вмѣстѣ съ сокомъ. Отдѣленный же на центрофугахъ отъ желтаго сахара оттекъ, хотя и заключаетъ въ себѣ еще 42—48% сахара, но въ немъ и несахара уже такъ много, что выдѣлить этотъ сахаръ путемъ кристаллизаціи невозможно; такой оттекъ называется черной или кормовой патокой и получается его 2,5—4% по вѣсу переработанной свеклы. Такую патоку продаютъ на винокуренные заводы, или ее скармливаютъ скоту.

Обыкновенный, изготовляемый свекло-сахарными заводами, сахарный песокъ не представляетъ собой еще совершенно чистаго сахара; малое количество примѣси несахара придаетъ ему нѣкоторый привкусъ и желтоватую окраску. Для удаленія примѣсей его подвергаютъ рафинированію, которое состоитъ въ томъ, что песокъ растворяютъ въ чистой водѣ, кипятятъ растворъ (иногда съ небольшимъ количествомъ известковой воды) и пропускаютъ затѣмъ черезъ высокіе цилиндры, наполненные кусочками костянаго угля, получаемаго прокаливаніемъ костей живот-

ныхъ безъ доступа воздуха; костяной уголь поглощаетъ изъ раствора всѣ примѣси. Чистый растворъ сахара уваривается въ вакуумъ-аппаратѣ до образованія кристалловъ, кристаллы выращиваются до извѣстной величины; а затѣмъ полученный утфель размѣщается въ коническія желѣзныя, вылуженныя изнутри формы, установленныя острымъ концомъ внизъ; въ нихъ утфель остываетъ затвердѣвая. Черезъ нѣкоторое время въ нижнемъ концѣ формы открываютъ небольшое, закрытое раньше штопкой, отверстіе, черезъ него начинаетъ стекать оставшаяся между кристаллами жидкость, а сверху на дно головки наливаютъ нѣкоторое количество клёрса, т.-е. чистаго, насыщеннаго раствора сахара; проходя между кристаллами, клёрсъ вытѣсняетъ всю междукристальную жидкость и склеиваетъ отдѣльные кристаллы сахара въ сплошную массу. Когда весь оттекъ стечетъ, сахарныя головы въ формахъ переносятся въ сушильню, помѣщенія очень хорошо отапливаемыя; здѣсь головки высыхаютъ. Высушенныя и остывшія головки выталкиваютъ изъ формъ, обравниваютъ на станкѣ дно и завертываютъ въ бумагу. Для изготовленія кусочнаго сахара часть головокъ раскалывается на куски неправильной формы (колотый сахаръ), или головка вращающейся пилой распиливается на кружки, полученные кружки — на палочки и на куски (пиленый сахаръ).

14. Спиртъ, пиво, вино, уксусъ.

Винокуренное, пивоваренное, уксусное производства и винодѣліе составляютъ особый отдѣлъ техники, такъ какъ всѣ они основаны на броженіи; главную роль здѣсь играетъ процессъ броженія, при которомъ цѣлый рядъ углеводовъ (см. т. I Химію) переходитъ въ спиртъ подъ вліяніемъ дрожжей и въ уксусную кислоту подъ вліяніемъ бактерій (см. т. II и V «Нар. Энц.»).

Распаденіе углеводовъ сопровождается выдѣленіемъ тепла и, въ большинствѣ случаевъ, образованіемъ газовъ, преимущественно углекислоты *(CO_2)*, благодаря чему, бродящая жидкость получаетъ видъ кипящей. Процессы броженія были знакомы человѣку еще въ глубокой древности, но сущность ихъ долго оставалась темной. Попытокъ выяснить вопросъ о сущности броженія было сдѣлано много; но только Пастеру, знаменитому французскому ученому, удалось окончательно рѣшить вопросъ о природѣ броженія. Онъ доказалъ, что всѣ виды броженія (спиртового, уксуснаго, молочнокислаго, маслянаго) являются результатомъ жизнедѣятельности различныхъ микроорганизмовъ; при чемъ каждому виду броженія соотвѣтствуетъ особый микроорганизмъ.

Спиртъ является продуктомъ жизнедѣятельности дрожжей въ водныхъ растворахъ сахаровъ съ примѣсью различныхъ питательныхъ веществъ. Дрожжи относятся къ классу грибовъ и представляются подъ микроскопомъ въ видѣ клѣтокъ разной формы (круглой, овальной или удлиненной); размножаются дрожжи почкованіемъ, т.-е. на оболочкѣ дрожжевой клѣтки появляется вздутіе, которое вырастаетъ до размѣровъ материнской и отдѣляется отъ послѣдней, являясь новымъ индивидуумомъ. Иногда же дочерняя клѣтка остается на материнской, даетъ въ свою очередь почку и получается уже цѣлая колонія дрожжей.

Во время броженія большая часть сахара распадается на спиртъ и угольную кислоту $\underset{\text{виноград. сахаръ}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{спиртъ.}}{2C_2H_6O} + 2CO_2$, выдѣляющуюся въ видѣ пузырьковъ; небольшая же часть идетъ на питаніе и размноженіе дрожжевыхъ клѣтокъ и на образованіе другихъ продуктовъ жизнедѣятельности дрожжей, какъ-то: глицерина, нѣкоторыхъ кислотъ и спиртовъ, составляющихъ главную массу, такъ называемаго, сивушнаго масла.

Кромѣ спиртового броженія, въ этой отрасли техники играютъ большую роль бактеріи уксусная, молочнокислая, масляная и др., при чемъ, кромѣ первыхъ двухъ, всѣ являются врагами основныхъ процессовъ, и съ ними нужно вести борьбу. Указанныя бактеріи принадлежатъ къ классу дробянокъ — одноклѣтныхъ организмовъ, размножающихся дѣленіемъ (см. т. II).

Уксусная бактерія въ слабыхъ растворахъ спирта и сахаровъ вызываетъ образованіе уксусной кислоты съ выдѣленіемъ воды $\underset{\text{спирт.}}{C_2H_6O} + 2O = \underset{\text{уксусн. к.}}{C_2H_4O_2} + H_2O$. Молочная и масляная бактеріи въ растворахъ сахаровъ или крахмала образуютъ молочную и масляную кислоты.

Для полученія спирта и другихъ продуктовъ броженія пользуются дрожжами и бактеріями; но явленія броженія вызываютъ не сами микроорганизмы, а содержащееся въ нихъ бродильное начало — ферменты или энзимы (см. т. I и V «Нар. Энц.»).

Энзимы можно извлечь изъ дрожжей, растирая ихъ съ толченымъ стекломъ и подвергая эту массу сильному прессованію; полученный сокъ, не содержащій живыхъ клѣтокъ, вызываетъ въ растворахъ сахара тѣ же явленія, что и дрожжи. Энзимы очень распространены въ животномъ и растительномъ царствѣ и играютъ громадную роль во всѣхъ біологическихъ процессахъ; энзимы измѣняютъ громадныя количества различныхъ органическихъ соединеній (бѣлковъ, углеводовъ, жировъ и др.); при этомъ сами не измѣняются, только дѣйствіе ихъ ослабѣваетъ отъ нако-

пленія получающихся продуктовъ; если эти послѣдніе удалить какимъ-нибудь способомъ, то энзимы снова начинаютъ проявлять свою дѣятельность. Изъ этихъ веществъ большое значеніе въ техникѣ броженія имѣетъ діастазъ — энзимъ, содержащійся въ проросшемъ зернѣ всякаго злака; подъ вліяніемъ діастаза растворенный крахмалъ, присоединяя частицу воды, превращается въ мальтозу и декстрины, а эти послѣдніе также переходятъ въ мальтозу $2C_6H_{10}O_5+H_2O=C_{12}H_{22}O_{11}$.

Для полученія діастаза въ винокуренномъ производствѣ проращиваютъ зерновой хлѣбъ преимущественно ячмень, или, какъ говорятъ, готовятъ солодъ.

Винокуренное производство имѣетъ цѣлью полученіе виннаго спирта (химическое названіе этиловый спиртъ) изъ продуктовъ, содержащихъ крахмалъ или сахаръ.

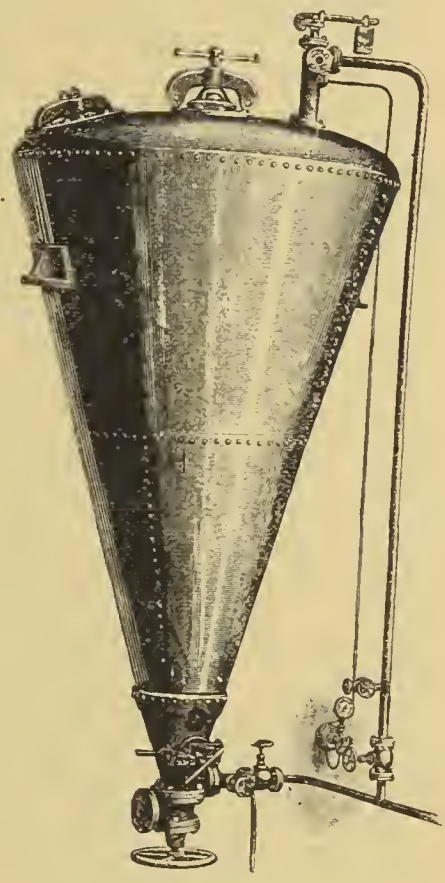
Этиловый или винный спиртъ представляетъ безцвѣтную, легко подвижную жидкость; безводный спиртъ жадно поглощаетъ влагу изъ воздуха и смѣшивается съ водой во всѣхъ пропорціяхъ. Спиртъ кипитъ при 78°,3 Ц.; легко загорается и горитъ безъ остатка почти безцвѣтнымъ пламенемъ; способность загораться уменьшается съ прибавленіемъ воды, и 40%-ный растворъ спирта не загорается. Спиртъ легко растворяетъ смолы, эфирныя масла и потому имѣетъ обширное примѣненіе въ техникѣ для приготовленія лаковъ, духовъ, одеколона и т. п.

Главнымъ сырымъ матеріаломъ для винокуренія, содержащимъ крахмалъ, являются картофель, кукуруза, рожь, пшеница; рѣже — просо, ячмень и овесъ. Черная кормовая патока, отбросъ свеклосахарнаго производства, содержащая тростниковый сахаръ, тоже служитъ матеріаломъ для винокуренія. Самымъ выгоднымъ, по содержанію крахмала, продуктомъ считается картофель; такъ какъ, при равныхъ условіяхъ урожая крахмала въ видѣ картофеля собирается съ десятины больше, чѣмъ въ видѣ какого бы то ни было другого хлѣбнаго растенія.

Для полученія спирта изъ крахмала (см. статью «Крахмалъ») необходимо превратить его въ какой-либо сахаръ, предварительно переведя его въ растворимое состояніе. Для этого крахмалъ подвергаютъ продолжительному нагрѣванію съ большимъ количествомъ воды; можно нагрѣвать и съ небольшимъ количествомъ воды, но при болѣе высокой температурѣ 130—145° Ц., что достигается нагрѣваніемъ въ закрытыхъ котлахъ, при чемъ давленіе водянаго пара доходитъ до 3—4 атмосферъ. При такой обработкѣ крахмальныя зерна постепенно разбухаютъ, впитывая воду, лопаются и смѣшиваются въ одну массу. Растворенный

крахмалъ превращается въ сахаръ при дѣйствіи на него діастаза солода.

Винокуреніе изъ картофеля и хлѣбныхъ припасовъ состоитъ изъ слѣдующихъ операцій: 1) развариваніе припасовъ для перевода крахмала въ растворимое состояніе; 2) осахариваніе растворенпаго крахмала; 3) сбраживаніе полученнаго сахара, и 4) отгонка спирта изъ перебродившей бражки. Въ результатѣ первыхъ двухъ операцій получается главный заторъ; параллельно съ этимъ ведется приготовленіе дрожжевыхъ заторовъ для размноженія въ нихъ дрожжей, въ количествѣ, достаточномъ для сбраживанія главнаго затора. Развариваніе матеріаловъ, содержащихъ крахмалъ, производится въ спеціальныхъ аппаратахъ — парникахъ Генце, представляющихъ желѣзные котлы разной формы; лучшая — коническій котелъ (черт. 225); наверху дѣлается лазея, герметически закрываемая крышкой, черезъ которую парникъ наполняется припасами, а внизу на конусѣ находится «выдувная» труба, черезъ которую разваренная масса выходитъ изъ парника.



Черт. 225. Парникъ Генце.

Передъ загрузкой въ парники картофель моется въ кулачной мойкѣ (см. статью «Сахаръ»), изъ которой онъ ковшевымъ элеваторомъ поднимается вверхъ и по желобамъ спускается въ парники, нагружаемые доверху.

Въ виду того, что картофель содержитъ 70—80% воды, его разваривают безъ прибавленія воды; для развариванія зерна, содержащаго нормально около 11% влаги, въ парникъ предварительно набираютъ опредѣленное количество горячей воды, нагрѣваютъ до кипу, и въ нее всыпаютъ зерновой хлѣбъ; затѣмъ закрываютъ лазею и продолжаютъ варку паромъ, доводя давленіе до 3½—4 атмосферъ, т.-е. нагрѣвая массу до 140—145° Ц. При такихъ условіяхъ почти весь крахмалъ, находящійся во взятыхъ продуктахъ, переходитъ отчасти въ растворъ, отчасти въ растворимое состояніе; но все-таки нѣкоторое количество (около ½%) остается нерастворенным.

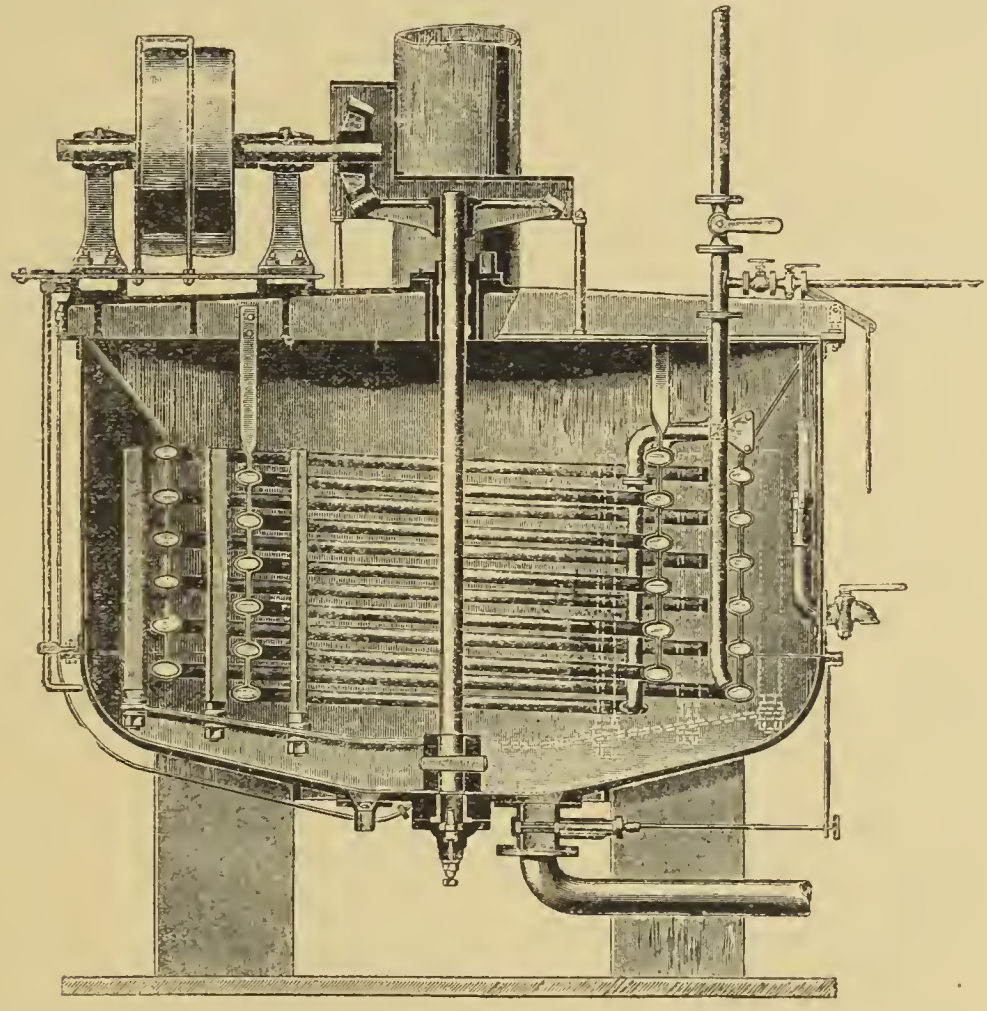
Слѣдующая операція — осахариваніе — производится въ заторно-холодильныхъ чанахъ. Чаны, большей частью желѣзные, имѣютъ цилиндрическую форму съ выпуклымъ дномъ. Необходимой принадлежностью заторныхъ чановъ является мѣшалка — двукрылый летунъ, насаженный на вертикальную ось, установленную въ центрѣ чана; помощью зубчатой передачи мѣшалка приводится въ движеніе и хорошо вымѣшиваетъ заторъ. Холодильники въ этихъ чанахъ представляютъ систему мѣдныхъ трубъ, по которымъ пропускаютъ холодную воду (черт. 226).

Процессъ осахариванія ведется слѣдующимъ образомъ: на дно заторнаго чана напускаютъ холодной воды, въ нее вливаютъ раздробленный и размѣшанный съ небольшимъ количествомъ воды солодъ и пускаютъ въ ходъ мѣшалку. Затѣмъ открываютъ кранъ парника, изъ котораго вслѣдствіе давленія пара выходитъ разваренная масса. Эта горячая масса, охлаждаясь, повышаетъ температуру жидкости, находящейся въ заторномъ чанѣ; необходимо слѣдить, чтобы послѣдняя не нагрѣлась выше предѣльной температуры осахариванія (60° Ц.).

По окончаніи осахариванія, которое продолжается $^1/_4$ — 1 часъ, заторъ расхолаживается до температуры, при которой можетъ итти броженіе; дрожжи могутъ проявлять жизнедѣятельность, разлагая сахаръ на спиртъ и угольную кислоту, при температурѣ не выше 35° Ц.; наиболѣе благопріятная температура для размноженія и дѣятельности дрожжей 25 — 30° Ц. Надо принять во вниманіе, что при всякомъ броженіи выдѣляется большое количество тепла, которое нагрѣваетъ бродящую жидкость и, если не принять мѣръ къ ея охлажденію, температура среды поднимается настолько, что прекратится дѣятельность микроорганизмовъ, несмотря на то, что питательнаго матеріала останется много. Поэтому все время броженія нужно слѣдить за температурой бродящаго затора.

Спиртовое броженіе при хлѣбно-картофельномъ винокуреніи состоитъ изъ слѣдующихъ стадій: 1) періодъ взбраживанія, когда происходитъ размноженіе дрожжей съ образованіемъ небольшого количества спирта и угольной кислоты; 2) главное броженіе, гдѣ почти прекращается размноженіе дрожжей и идетъ, главнымъ образомъ, распаденіе сахара на спиртъ и угольную кислоту, и 3) періодъ дображиванія, во время котораго діастазъ, перешедшій изъ солода въ растворъ, превращаетъ декстрины въ мальтозу, и послѣдняя сбраживается дрожжами. Броженіе ведется преимущественно въ деревянныхъ чанахъ — квасильныхъ кадяхъ, круглой или овальной формы. Для возбужденія броженія въ главный заторъ прибавляютъ размноженныя въ небольшомъ количествѣ

сусла дрожжи (какъ говорятъ, задаютъ дрожжи). Охлажденный до опредѣленной температуры заторъ перекачиваютъ въ квасильную кадь, гдѣ и ведутъ двухсуточное или трехсуточное броженіе, въ зависимости отъ температуры, при которой заторъ спущенъ въ квасильную кадь. Отбродившій заторъ, въ которомъ весь сахаръ превращенъ въ спиртъ и угольную кислоту, называется



Черт. 226. Заторно-холодильный чанъ.

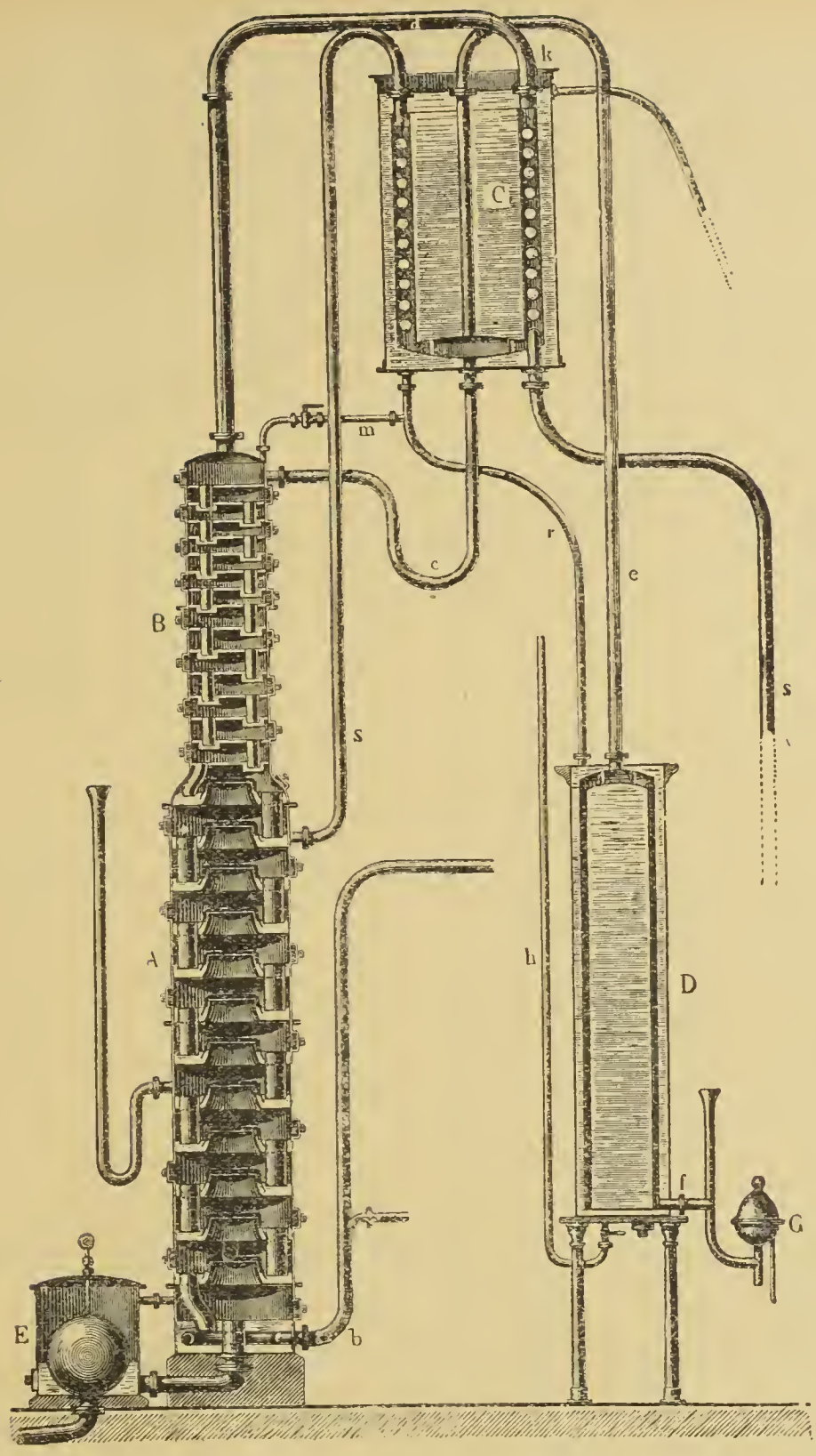
зрѣлой *бражкой*. Главная составная часть бражки — вода въ количествѣ отъ 80—88%; содержаніе же спирта колеблется отъ 7½ до 13%. Кромѣ того, въ ней всегда остается небольшое количество сахара и декстриновъ, бѣлковыя и другія вещества; бражка смѣшана съ дробиной — остатками кожуры взятыхъ припасовъ.

Температура кипѣнія виннаго спирта ниже температуры кипѣнія воды почти на 22%. Поэтому спиртъ изъ бражки легко отдѣляется отгонкой при нагрѣваніи паромъ на спеціальныхъ, не-

прерывно дѣйствующихъ брагоперегонныхъ аппаратахъ, называемыхъ колоннами. Эти колонны представляютъ собою высокіе мѣдные цилиндры различнаго діаметра, внутри которыхъ устанавливается рядъ горизонтальныхъ тарелокъ (черт. 227). Бражка подается насосомъ на верхнюю тарелку бражнаго отдѣленія аппарата и постепенно стекаетъ съ тарелки на тарелку внизъ; въ отдѣленіе подъ нижней тарелкой впускается паръ изъ парового котла, нагрѣвающій жидкость до кипѣнія; спиртовые пары, смѣшанные съ водяными, поднимаются вверхъ и встрѣчаютъ менѣе горячую жидкость, отчего большая часть водяныхъ и отчасти спиртовыхъ паровъ сгущается и стекаетъ внизъ. Изъ нижняго отдѣленія, куда поступаетъ паръ, выходитъ *барда*, т.-е. бражка, совершенно лишенная спирта, а спиртовые пары, содержащіе еще значительное количество водяныхъ, переходятъ въ спиртовое отдѣленіе колонны, а оттуда въ конденсаторъ, представляющій невысокій мѣдный или желѣзный цилиндръ съ мѣдными трубками внутри; по трубкамъ пускается вода, а между ними проходятъ спиртовые пары. Благодаря этому, большая часть водяныхъ паровъ сгущается въ жидкость и стекаетъ особой трубой обратно въ колонну, а крѣпкіе (88—93%) спиртовые пары идутъ въ холодильникъ, изъ котораго вытекаетъ такъ называемый *сырой спиртъ*. Онъ представляетъ безцвѣтную, прозрачную жидкость, содержитъ 88—94% спирта и, въ видѣ примѣсей, различные побочные продукты броженія и окисленія самого спирта: альдегидъ, эѳиры, кислоты и высшіе спирты, составляющіе, такъ называемое, сивушное масло. Барда, отходящая изъ брагоперегоннаго аппарата, составляетъ отбросъ винокуреннаго производства, но такъ какъ въ ней имѣются усвояемыя бѣлковыя вещества, остатки крахмала, сахара, жиръ и клѣтчатка, она является хорошимъ кормовымъ средствомъ.

Кромѣ указанныхъ работъ, на заводахъ ведется приготовленіе небольшихъ заторовъ, исключительно для размноженія дрожжей въ количествѣ, необходимомъ для возбужденія броженія въ главномъ заторѣ. Для этого берутъ небольшую часть главнаго затора тотчасъ послѣ выдувки, прибавляютъ немного солода и даютъ осахариться. Въ такомъ заторѣ или ведутъ молочнокислое броженіе, или его подкисляютъ сѣрной кислотой, такъ какъ дрожжи лучше развиваются въ кислой средѣ, а развитіе микроорганизмовъ, вредящихъ дрожжамъ, въ ней задерживается.

Приготовленіе солода составляетъ какъ бы самостоятельное производство при винокуренномъ заводѣ. Сущность его состоитъ въ томъ, что хорошо очищенное и тщательно отсортированное зерно замачивается въ холодной водѣ въ мочильномъ чанѣ, а



Черт. 227. Брагоперегонный, одноколонный аппаратъ. *A*—бражное отдѣленіе колонны; *B*—спиртовое отдѣленіе колонны; *C*—конденсаторъ; *D*—холодильникъ спирта; *E*—регуляторъ барды; фонарь, черезъ который стекаетъ спиртъ.

затѣмъ проращивается на растильномъ току спеціальныхъ солодовень. Солодовни устраиваются въ полуподвальныхъ помѣщеніяхъ, гдѣ легче имѣть сравнительно низкую и довольно постоянную температуру. Солодъ растетъ невысокими грядками и, при правильномъ веденіи, бываетъ готовъ на 14, 18 и даже 20-ыя сутки.

Винокуреніе изъ *кормовой патоки* проще, чѣмъ изъ хлѣбныхъ припасовъ, такъ какъ она содержитъ, какъ сказано выше, тростниковый сахаръ, растворимый въ водѣ и непосредственно сбраживаемый дрожжами. Поэтому патоку разбавляютъ въ заторномъ чанѣ водой до опредѣленнаго содержанія сахара, перекачиваютъ этотъ растворъ въ квасильную кадь, спускаютъ туда размноженныя въ отдѣльномъ небольшомъ заторѣ дрожжи и ведутъ броженіе. Изъ отбродившей бражки спиртъ отгоняется такъ, какъ было выше описано. Барда, получающаяся при этомъ, является дѣйствительнымъ отбросомъ, такъ какъ содержитъ только минеральныя соли и немного дробины изъ дрожжевыхъ заторовъ.

Сырой спиртъ не имѣетъ большого примѣненія въ техникѣ (онъ служитъ для горѣнія и для приготовленія лаковъ); на приготовленія водки, эфира, для химическихъ и медицинскихъ цѣлей идетъ очищенный, или ректификованный спиртъ.

Въ основаніи ректификаціи лежитъ способъ дробной перегонки (см. т. I, Химію), и производится она преимущественно на періодическихъ ректификаціонныхъ аппаратахъ, состоящихъ изъ желѣзнаго куба съ змѣевикомъ внутри, на которомъ стоитъ мѣдный цилиндръ (колонна) съ рядомъ ситъ или тарелокъ, расположенныхъ одна надъ другой; затѣмъ имѣются конденсаторъ и холодильникъ, какъ и въ брагоперегонномъ аппаратѣ. Спиртъ сырецъ, разбавленный водой, наливается въ кубъ и грѣется «глухимъ паромъ», т.-е. паромъ, проходящимъ черезъ змѣевикъ, не имѣющій сообщенія съ внутренностью куба; сгущающаяся вода стекаетъ изъ змѣевика наружу. Смѣсь паровъ спирта, воды и примѣсей поднимается наверхъ, сгущается на тарелкахъ или ситахъ въ жидкость, которая частью стекаетъ внизъ, а частью подходящими снизу парами поддерживается въ состояніи кипѣнія. Легкокипящія примѣси съ спиртовыми парами пройдутъ въ первыхъ порціяхъ въ конденсаторъ и холодильникъ; спиртъ, содержащій главную массу этихъ примѣсей, составляетъ третій сортъ; затѣмъ количество примѣсей будетъ уменьшаться; эту порцію собираютъ какъ второй сортъ, пока не пойдетъ чистый спиртъ, или первый сортъ. Когда изъ куба испарится большая часть спирта, то къ нему примѣшиваются пары сивушнаго масла (кипящаго выше 100° Ц.), и получается опять

второй и третій сорта, смѣшиваемые съ начальными сортами. Второй сортъ прибавляютъ къ сырцу, и съ нимъ онъ снова идетъ на ректификацію, а третій собирается и перегоняется отдѣльно.

Ректификація спирта въ послѣднее время производится и на непрерывнодѣйствующихъ аппаратахъ, напоминающихъ брагоперегонные (аппараты Барбе, Гильома).

Опредѣленіе количества спирта производится измѣреніемъ объема жидкости и опредѣленіемъ процентнаго содержанія; въ Россіи за единицу измѣренія принятъ градусъ, равный объему одной сотой части ведра.

Пивовареніе. Пивомъ называется напитокъ, содержащій спиртъ, получаемый путемъ броженія заторовъ изъ ячменнаго солода, иногда отчасти замѣняемаго пшеницей, рисомъ и другими хлѣбами. Пиво, кромѣ этиловаго спирта, содержитъ въ водномъ растворѣ декстрины, небольшое количество мальтозы (солодоваго сахара), бѣлковыя вещества, нѣкоторыя органическія кислоты, хмелевыя смолы, эфиры и высшіе спирты, всегда образующіеся при броженіи; кромѣ того, напитокъ этотъ насыщенъ угольной кислотой. Большинство химическихъ соединеній, входящихъ въ составъ пива, не содержится въ матеріалахъ, изъ которыхъ оно изготовляется; поэтому и въ этомъ производствѣ, какъ и въ винокуреніи, происходитъ рядъ процессовъ, во время которыхъ вещества припасовъ претерпѣваютъ глубокое измѣненіе.

Для приготовленія пива, кромѣ хорошей воды, удовлетворяющей всѣмъ требованіямъ хорошей питьевой воды, необходимы ячмень и хмель, при чемъ ячмень употребляется исключительно въ видѣ солода. Солодъ въ винокуреніи оцѣнивается исключительно по его осахаривающей способности; для пивовара солодъ является единственнымъ матеріаломъ, изъ котораго получается спиртъ и экстрактъ пива; послѣдній въ сильной степени вліяетъ на вкусъ и запахъ напитка; поэтому приготовленію пивного солода приходится удѣлять гораздо больше вниманія, чѣмъ на винокуренномъ заводѣ.

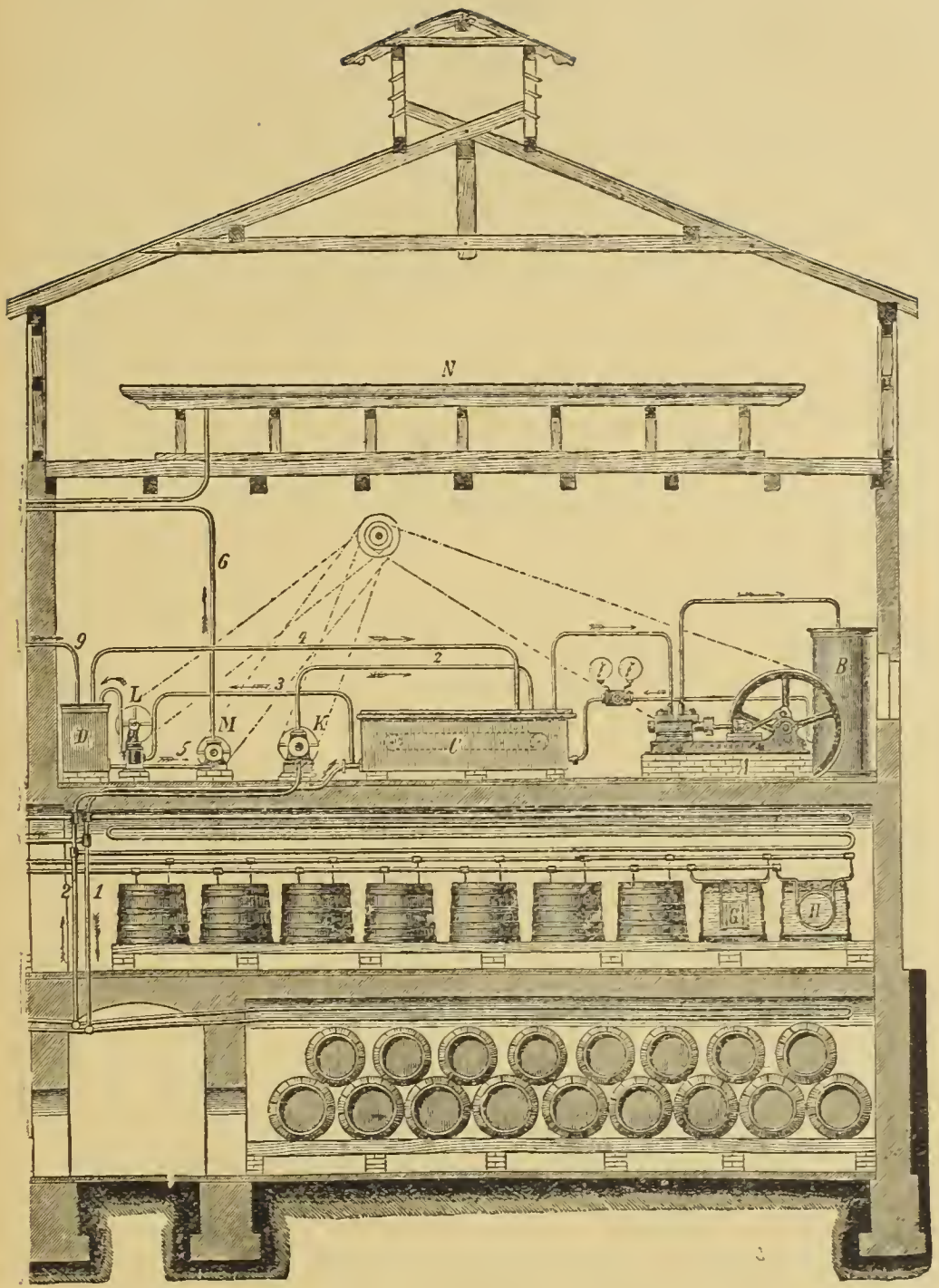
Ячмень для пивного солода тщательно сортируется по величинѣ зеренъ; изъ него удаляются разбитыя и поломанныя зерна и постороннія сѣмена (см. Мукомольное производство). Подготовленный такимъ образомъ ячмень замачивается въ мочильныхъ чанахъ, при чемъ для удаленія пыли зерно промывается холодной водой. Замачиваніе производится при возможно низкой температурѣ (8—10° Ц.) и длится 2—4 дня. Замоченное до извѣстной степени зерно проращивается или въ обыкновенныхъ солодовняхъ на току, или на сѣткахъ, или, въ такъ называемыхъ, пневматическихъ солодовняхъ.

Эти послѣднія бываютъ двухъ родовъ: первыя представляютъ ящики, или, скорѣе, закрома съ двойнымъ дномъ; верхнее дно металлическое, все покрыто просверленными дырочками; вторыя имѣютъ видъ громадныхъ вращающихся барабановъ, внутри которыхъ проходитъ труба съ дырочками по поверхности.

Замоченное зерно насыпается толстымъ слоемъ въ закромъ или въ барабанъ, и черезъ дырочки въ днѣ или въ трубѣ нагнетается воздухъ, прошедшій предварительно черезъ воду теплую или холодную, смотря по времени года; этимъ продуваніемъ удаляется образующаяся при проращиваніи углекислота и поддерживается необходимая температура. Во время проращиванія вмѣстѣ съ образованіемъ діастаза въ зернѣ нѣкоторая часть крахмала превращается въ мальтозу и декстрины.

Пророщенный до опредѣленной степени солодъ высушивается на солодосушильняхъ; эти послѣднія представляютъ высокія постройки; внизу расположенъ рядъ чугунныхъ и желѣзныхъ трубъ, по которымъ идутъ изъ топокъ дымовые газы; надъ трубами расположены 2 этажа желѣзныхъ ситъ; въ потолкѣ имѣется вытяжная труба. Готовый зеленый солодъ провяливается въ солодовнѣ и затѣмъ раскладывается нетолстымъ слоемъ на верхнемъ ситѣ солодосушильни; воздухъ снаружи поступаетъ черезъ отверстія подъ накаленными трубами, нагрѣвается, поднимается наверхъ, проходитъ сквозь слой солода, подогрѣваетъ и высушиваетъ его. Когда солодъ отдастъ большую часть своей воды, его переводятъ на нижнее сито, гдѣ онъ сушится при болѣе высокой температурѣ. Для чернаго пива солодъ поджаривается на особыхъ сковородахъ.

Для приготовленія пива сухой солодъ, пролежавшій нѣкоторое время въ закромахъ, измельчается на солододробилкахъ, существенную часть которыхъ составляютъ два чугунныхъ вальца, вращающіеся съ различной скоростью. Раздробленный солодъ затирается въ заторномъ чану съ горячей водой при температурѣ около 35° Ц.; изъ этого чана отбирается $^1/_3$—$^1/_4$ затора въ подварочный котелъ, нагрѣвается почти до кипѣнія и переводится насосомъ обратно въ заторный чанъ, отчего весь заторъ подогрѣвается, эту операцію повторяютъ 2—3 раза, пока температура всего затора не будетъ около 70° Ц. Послѣ этого весь заторъ перекачиваютъ въ фильтраціонный чанъ съ двойнымъ дномъ (верхнее дно ситчатое), фильтрующимъ слоемъ служитъ раздробленная кожура. Во время подвариванія и фильтраціи происходитъ превращеніе крахмала въ мальтозу и декстрины и, такъ какъ необходимо получить напитокъ съ небольшимъ содержаніемъ спирта, то и не поддерживаютъ температуры, наи-



Черт. 228. Разрѣзъ бродильнаго отдѣленія и подвала пивоваренаго завода. *N* — холодильная тарелка; *A*. *B*, *C*—холодильная машина; въ бакѣ *C* производится охлажденіе соляного раствора, который по трубамъ проводится въ подвалы для охлажденія помѣщеній и бродящаго сусла въ бродильныхъ кадяхъ *G* и *H*.

болѣе благопріятной для осахариванія. Профильтрованная жидкость, называемая сусломъ, спускается въ сусловый котелъ, куда прибавляется и хмель.

На остатокъ солода, называемый дробиной, по мѣрѣ отхода сусла, пускается горячая вода, которая извлекаетъ изъ дробины всѣ растворимыя вещества; промои эти прибавляются къ суслу. По окончаніи фильтраціи сусло кипятятъ съ хмелемъ; при этой варкѣ изъ сусла выпадаютъ свернувшіяся бѣлковыя вещества и вмѣстѣ съ ними мелкая муть, отчего сусло становится прозрачнымъ; освѣтленію сусла содѣйствуетъ извлекаемый изъ хмеля таннинъ (дубильная кислота); вмѣстѣ съ тѣмъ изъ хмеля переходятъ въ сусло эфирное масло и хмелевыя смолы, придающія пиву вкусъ и ароматъ и дѣлающія его болѣе прочнымъ, потому что нѣкоторыя изъ смолъ являются ядомъ для бактерій, вызывающихъ кислое броженіе. Вываренный хмель отдѣляютъ фильтрованіемъ черезъ сито. Сусло необходимо охладить и для правильнаго размноженія дрожжей насытить воздухомъ; для этого горячее сусло перекачивается на тарелки — большія, желѣзныя сковороды, расположенныя на чердакѣ заводскихъ зданій; благодаря большой поверхности испаренія, сусло охлаждается и въ то же время насыщается воздухомъ. Такъ какъ при этомъ сусло можетъ заразиться микроорганизмами, портящими пиво, то на многихъ заводахъ сусло охлаждается въ закрытыхъ холодильникахъ, куда вдувается профильтрованный черезъ вату [1]) воздухъ.

Охлажденное до 6—8° Ц. сусло сливается въ бродильные чаны (черт. 228) и туда прибавляются дрожжи, предварительно смѣшанныя съ сусломъ. Дрожжи, или выведенныя самимъ заводомъ, или полученныя отъ какой-либо станціи размножаются сначала въ небольшомъ количествѣ сусла. Броженіе пивного сусла ведется медленно при низкой температурѣ; по окончаніи главнаго броженія дрожжи постепенно осѣдаютъ на дно довольно плотнымъ слоемъ. Молодое (зеленое) пиво, въ которомъ остается нѣкоторое количество дрожжевыхъ клѣтокъ, перекачивается въ большія бочки (по 300—500 ведеръ), установленныя въ подвалахъ (черт. 228), гдѣ поддерживается температура около 0°; тамъ происходитъ дображиваніе, во время котораго пиво насыщается угольной кислотой и окончательно освѣтляется; этотъ процессъ продолжается 4—6 недѣль, но обыкновенно выдерживаютъ 3 мѣсяца. Оставшійся въ бродильной кади осадокъ дрожжей промывается нѣсколько разъ холодной водой, и этими дрожжами задается слѣдующее сусло. Однѣ и тѣ же дрожжи употребляются

[1]) Сухая вата задерживаетъ всѣ микроорганизмы и ихъ зародыши.

до тѣхъ поръ, пока онѣ не загрязнятся посторонними микроорганизмами.

Готовое пиво давленіемъ воздуха вытѣсняется изъ бочекъ и резиновыми рукавами передается въ особый аппаратъ, изъ котораго разливается по бутылкамъ или въ небольшіе боченки.

При отправкѣ на далекія разстоянія въ жаркое время года разлитое пиво подвергаютъ пастеризаціи [1]), заключающейся въ томъ, что бутылки съ пивомъ ставятъ въ холодную воду, которая постепенно нагрѣвается паромъ; температуру воды доводятъ до 70—75° Ц., поддерживаютъ ее въ теченіе $^1/_4$—$^1/_2$-часа, а затѣмъ даютъ медленно остыть; при такой температурѣ микроорганизмы, находящіеся въ жизнедѣятельномъ состояніи, убиваются и пиво становится болѣе прочнымъ.

Въ заключеніе приводимъ составъ нѣкоторыхъ сортовъ пива:

ПИВО:	Спиртъ	Экстрактъ	Концентрація исходнаго сусла	Дѣйствит. степень сбраживанія	Бѣлковъ	Золы	Фосфорной кислоты	Общая кислотность, считая на молочную к.	Углеводовъ
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Мюнхенское (темное) . . .	3,62	6,47	13,43	51,8	0,581	0,219	0,080	0,089	5,58
Пильзенское (свѣтлое) . . .	3,65	4,63	11,71	60,0	0,381	0,185	0,060	0,106	3,96
Англійск. портеръ (черное) .	6,72	8,68	21,06	58,8	0,775	0,382	0,112	0,214	7,35

Винодѣліе. Первымъ спиртнымъ напиткомъ, который сталъ готовить человѣкъ, было виноградное вино, потому что сокъ винограда содержитъ сахаръ, непосредственно сбраживаемый дрожжами; и такъ какъ на всѣхъ ягодахъ и фруктахъ всегда находятся дрожжевыя клѣтки (см. «Нар. Энц.» т. II, стр. 406), занесенныя насѣкомыми или вѣтромъ съ пылью, то въ отжатомъ сокѣ быстро возникаетъ броженіе.

Сущность приготовленія вина сводится къ тому, что совершенно зрѣлый виноградъ отдѣляютъ отъ гребней, на которыхъ сидятъ ягоды, а ягоды подвергаютъ раздавливанію; для полу-

[1]) Способъ этотъ названъ въ честь французскаго ученаго Пастера, предложившаго его.

ченія бѣлаго вина раздавленныя ягоды отжимаютъ на спеціальныхъ прессахъ, а сокъ сливаютъ въ бродильные чаны, открытые или закрытые крышками съ отверстіями въ нихъ; попадающія съ ягодъ въ сокъ, или, какъ его называютъ, сусло, дрожжи размножаются и вызываютъ броженіе. Броженіе въ суслѣ наступаетъ черезъ день, два, три, въ зависимости отъ температуры и количества дрожжей, внесенныхъ съ ягодами; длится оно 2—3 недѣли. При приготовленіи краснаго вина раздавленный виноградъ подвергаютъ броженію вмѣстѣ съ кожурой, изъ которой извлекаются красящія и дубильныя вещества.

По окончаніи броженія молодое (зеленое) вино, немного отстоявшееся, сливаютъ съ осадка дрожжей въ бочки, установленныя въ подвалахъ съ постоянной температурой (10—15° Ц.); здѣсь вино должно освѣтлиться и созрѣть. Дрожжевыя клѣтки, свернувшіяся бѣлковыя вещества осѣдаютъ на дно, увлекая съ собой и выдѣляющійся винный камень [1]), а угольная кислота выдѣляется. Въ этихъ бочкахъ вино остается до весны; уходъ заключается въ періодическихъ доливкахъ бочекъ, чтобъ на поверхности вина не развились бактеріи. Весной вино переливаютъ въ другія бочки, въ которыхъ оно «выдерживается» еще нѣкоторое время, а затѣмъ разливается по бутылкамъ. Дорогія вина выдерживаются нѣсколько лѣтъ еще и въ бутылкахъ.

Уксусъ. Уксусомъ называется употребляемый въ пищу растворъ уксусной кислоты въ водѣ, содержащій 3—6% этой кислоты и примѣси различныхъ питательныхъ веществъ.

Собственно уксусъ получается броженіемъ слабыхъ спиртовыхъ растворовъ, вина, пива или спеціальныхъ хлѣбныхъ заторовъ подъ вліяніемъ различныхъ видовъ уксусной бактеріи; эти бактеріи въ присутствіи кислорода воздуха производятъ окисленіе спирта въ уксусную кислоту съ выдѣленіемъ воды и окисленіе сахара въ ту же кислоту съ выдѣленіемъ углекислоты и воды: 1) $\underset{\text{спиртъ.}}{C_2H_5OH} + 2O = \underset{\text{уксусн. кисл.}}{CH_3CO_2H} + H_2O$; 2) $\underset{\text{виногр. сахар.}}{C_6H_{12}O_6} + 4O = 2\underset{\text{уксусн. кисл.}}{CH_3CO_2H} + 2CO_2 + 2H_2O$, при чемъ для питанія бактерій необходимо присутствіе углеводовъ (сахаровъ) и бѣлковыхъ веществъ.

Для приготовленія уксуса берутъ или плохое вино, или виноградныя выжимки, а по большей части берутъ спиртъ, разбавляютъ водой до содержанія 8—10% его, прибавляютъ пива или солодовой вытяжки и готоваго уксуса; при температурѣ

[1]) Винный камень представляетъ осадокъ виннокислаго калія, слабо растворимаго въ жидкостяхъ, содержащихъ спиртъ.

25 — 30° Ц. идетъ броженіе. Для ускоренія процесса окисленія спирта приготовленіе уксуса ведутъ въ бочкахъ, наполненныхъ буковыми стружками; на этихъ стружкахъ образуется большое количество колоній (гнѣздъ) бактерій; кромѣ того, въ бочку черезъ боковыя отверстія внизу поступаетъ воздухъ. Приготовленный для полученія уксуса растворъ наливается на крышку съ мелкими отверстіями, черезъ которыя жидкость постепенно стекаетъ на стружки и медленно течетъ по нимъ, встрѣчая воздухъ и соприкасаясь все время съ колоніями бактерій. При такихъ условіяхъ образованіе уксусной кислоты идетъ настолько быстро, что, достигнувъ нижняго дна, жидкость содержитъ только небольшое количество спирта, а черезъ кранъ постепенно вытекаетъ готовый уксусъ.

Въ настоящее время получилъ распространеніе уксусъ, приготавливаемый изъ, такъ называемой, уксусной эссенціи, представляющей 80%-ный растворъ уксусной кислоты въ водѣ; для этого берется уксусная кислота, получаемая при сухой перегонкѣ дерева, и хорошо очищенная. Если уксусная кислота хорошо очищена, то уксусъ изъ нея совершенно безвреденъ, но очень рѣзокъ и непріятенъ на вкусъ, благодаря отсутствію углеводовъ и ароматическихъ веществъ.

15. Писчая бумага.

Однимъ изъ самыхъ важныхъ и необходимыхъ продуктовъ нашей промышленности является бумага; огромное значеніе ея въ развитіи просвѣщенія и умственной жизни связано съ главнымъ ея употребленіемъ для письма и печати, т.-е. для передачи и распространенія человѣческой мысли.

Человѣкъ всегда старался найти такой матеріалъ, который былъ бы пригоденъ для письма, но до изобрѣтенія бумаги ни одинъ не удовлетворялъ всѣмъ требованіямъ, которыя мы предъявляемъ къ бумагѣ. На первомъ мѣстѣ выставляется дешевизна, потомъ прочность; надо, чтобы бумага не рвалась очень легко, не ломалась при сгибаніи, не желтѣла при лежаніи; поверхность должна быть гладкой и бѣлой; эти требованія, впрочемъ, съ усовершенствованіемъ бумажнаго производства все повышаются.

Въ древности для письма употребляли глиняныя плитки, которыя обжигались послѣ того, какъ были покрыты надписями, но это были небольшіе кирпичи очень тяжелые, громоздкіе и ломкіе; употребляли и деревянныя дощечки, покрытыя воскомъ. Болѣе удобный матеріалъ былъ *папирусъ;* приготовлялся онъ изъ стеблей болотнаго растенія папируса. Стебель очищался отъ коры

и листьевъ, разрѣзался на тонкія полоски, которыя складывались рядомъ, на нихъ накладывали другой рядъ и колотили особой колотушкой; выдѣлявшійся сокъ склеивалъ всѣ эти пластинки и получался длинный свитокъ аршинъ въ 10—15 длиной, тонкій, довольно прочный и легкій.

Очень прочный матеріалъ для письма представляетъ *пергаментъ* — это кожа барановъ, телятъ и козъ, очищенная отъ шерсти и подготовленная какъ для дубленія; для полученія гладкой поверхности одну или обѣ стороны пергамента натирали мѣломъ или известью. Пергаментъ получался въ видѣ небольшихъ листовъ, но зато отличался изумительной прочностью и могъ сохраняться многія столѣтія; матеріалъ этотъ, впрочемъ, дорогой.

Тотъ матеріалъ, который мы называемъ бумагой, представляетъ тонкій слой перепутанныхъ мелкихъ волоконъ; волокна расположены въ различномъ направленіи и хорошо слиплись между собою въ размоченномъ состояніи. Эта связь еще усиливается сдавливаніемъ подъ прессомъ и проклеиваніемъ.

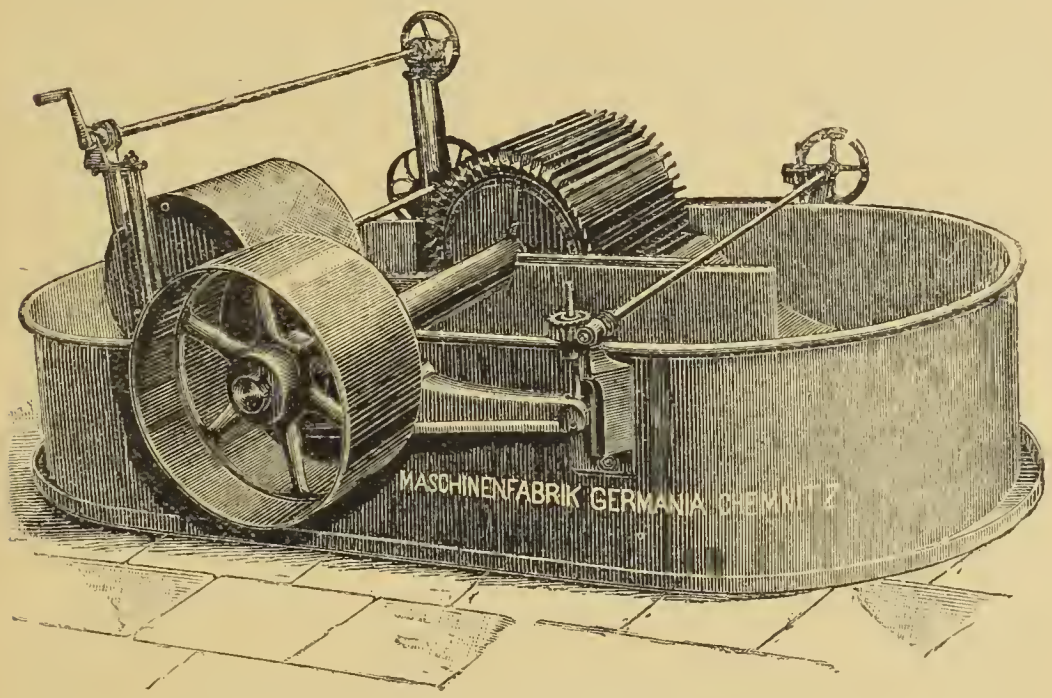
Для производства бумаги берутъ, главнымъ образомъ, растительныя волокна: льняныя, хлопчато-бумажныя, конопляныя; шерсть идетъ на худшіе сорта бумаги. Этотъ сырой матеріалъ стараются брать уже бывшій въ употребленіи, въ видѣ разнаго рода тряпья; это дѣлается въ цѣляхъ удешевленія матеріала, а также и потому, что самое волокно въ ношеныхъ тряпкахъ растрепано; но такъ какъ спросъ на бумагу все увеличивается, то тряпья нехватаетъ и приходится прибѣгать къ дереву, соломѣ и др. веществамъ.

Собранное тряпье прежде всего подвергается очисткѣ отъ пыли и дезинфекціи, потому что очень много тряпокъ могутъ поступать изъ больницъ и быть, такимъ образомъ, носителями заразы. Очищеніе отъ приставшей грязи и пыли производится особыми машинами, которыя выколачиваютъ тряпье, а вся пыль выносится вентиляторами. Только послѣ очистки и дезинфекціи идетъ сортировка тряпья, при чемъ обрѣзаютъ швы, пуговицы, крючки и т. п., чтобы все это не мѣшало дальнѣйшей обработкѣ.

Послѣ сортировки тряпье рѣжутъ на небольшіе куски и въ такомъ видѣ тряпичная масса должна быть отмыта отъ всѣхъ грязнящихъ ее примѣсей, которыя не могутъ быть удалены при выколачиваніи пыли; для удаленія жира, смолъ, красокъ и другихъ примѣсей тряпье кипятятъ въ большихъ закрытыхъ шарообразныхъ котлахъ вмѣстѣ съ какой-нибудь щелочью — содою, ѣдкимъ натромъ или известковымъ молокомъ; эта операція называется бученіемъ тряпья. Щелочи при высокой температурѣ обмыливаютъ жиры на тряпьѣ, обращая всѣ примѣси въ состояніе

эмульсіи, которая легко отмывается водою. Изъ щелочей предпочитаютъ известь, такъ какъ ѣдкій натръ и сода сильнѣе дѣйствуютъ на самое волокно. Котлы при выварк‍ѣ тряпья со щелочью медленно вращаютъ, чтобы лучше перемѣшивать всю массу; нагрѣваніе производится впускомъ пара въ котелъ. Прокипяченное такимъ образомъ тряпье хорошо промываютъ, стараясь не очень разбивать тряпки на кусочки, чтобы не терять много волоконъ съ промывной водой; послѣ такой промывки получаютъ чистое и почти безцвѣтное тряпье.

Промытое тряпье подвергается расщипыванію на волокна, при чемъ необходимо получать не тупо обрѣзанныя волокна, а



Черт. 229. Голландеръ.

съ концами, какъ бы расщепленными; растрепанныя волокна лучше свойлачиваются въ бумагу. Приборъ, наиболѣе употребляемый теперь, это такъ называемый ролъ или голландеръ, т.-е. приборъ, введенный въ Голландіи. Голландеръ (черт. 230) представляетъ собой овальный чанъ, раздѣленный вдоль перегородкой, не доходящей до концовъ; въ одной половинѣ дно приподнято и помѣщены, такъ называемыя, планки, представляющія рядъ поставленныхъ неподвижно ножей, лезвеемъ вверхъ; надъ этой планкой движется барабанъ съ ножами. Въ чанъ помѣщаютъ тряпье, наливаютъ водою и приводятъ въ движеніе барабанъ; благодаря перегородкѣ въ голландрѣ получается какъ бы круго-

вой каналъ, по которому и движется вся масса; она проходитъ между ножами планки и барабана, и тряпки рвутся на нити. Въ голландрѣ тряпье не только рвется на нити, но и окончательно промывается, поэтому къ голландру присоединяется особый черпальный барабанъ, черезъ который проходитъ промывная вода; всѣ мелкія части имъ удерживаются, а грязная вода удаляется изъ голландра. Работа въ голландрѣ считается законченной, когда тряпье обратилось въ однородную кашеобразную массу. Въ бумажномъ производствѣ тряпье въ такомъ видѣ называется полумассой.

Полумасса послѣ промывки еще не совершенно бѣлаго цвѣта, и требуетъ отбѣлки. Бѣлятъ полумассу хлоромъ или хлорной известью. При бѣленіи хлоромъ на полумассу дѣйствуютъ газообразнымъ хлоромъ въ присутствіи воды; происходитъ разложеніе воды, кислородъ окисляетъ красящія вещества, а хлоръ съ водородомъ образуетъ соляную кислоту, которую надо тщательно отмыть, такъ какъ она вредно дѣйствуетъ на волокна; операція ведется въ особыхъ герметически закрытыхъ бѣлильныхъ камерахъ.

Приготовленная такимъ образомъ полумасса идетъ уже на приготовленіе массы, изъ которой и выдѣлываютъ бумагу. Масса получается смѣшеніемъ различнаго рода полумассъ съ прибавленіемъ разныхъ суррогатовъ, т.-е. веществъ, замѣняющихъ тряпичную полумассу. Суррогаты должны быть дешевы и доступны; главными будутъ солома и дерево, сосна, ель, пихта, осина. Дерево сперва очищаютъ отъ коры и сучьевъ, а потомъ подвергаютъ измельченію. Измельчаютъ дерево, придавливая куски къ жернову изъ песчанника, который и расщепляетъ древесину на мелкія части; жерновъ поливаютъ водой, и масса стекаетъ въ бакъ. Измельченная масса пропускается черезъ сита, чтобы раздѣлить ее по степени тонкости волокна; она идетъ для приготовленія картона, а для бумаги не годится, такъ какъ она не бѣлаго цвѣта и даетъ очень хрупкое волокно. Такая древесная масса носитъ названіе механической.

Для приготовленія писчей бумаги употребляется химически обработанная древесная масса. Волокна въ древесной массѣ хрупкими дѣлаетъ лигнитъ (вещество, склеивающее волокна клѣтчатки). Для полученія «химической» массы дерево рѣжутъ на тонкіе кружки и потомъ подвергаютъ обработкѣ, чтобы растворить лигнитъ, а также и смолы; обрабатываютъ древесную массу ѣдкимъ натромъ или сѣрнистой кислотой, а еще лучше ея солями. При натронномъ способѣ тонко нарѣзанные куски дерева варятъ съ ѣдкимъ натромъ, потомъ щелокъ спускаютъ изъ котла, а массу промываютъ и обрабатываютъ дальше въ голландрахъ, какъ тряпье. При сульфитномъ способѣ на дерево дѣйствуютъ

сѣрнистой кислотой или, что удобнѣе, ея известковыми солями. Масса получается очень хорошая и хорошо отбѣливается. Сульфиты заводы готовятъ сами, пропуская сѣрнистый газъ черезъ известь и растворяя сѣрнистокислыя соединенія въ водѣ.

Обработка соломы сходна съ обработкой дерева: солому размельчаютъ соломорѣзкой и потомъ обрабатываютъ натроннымъ или сульфитнымъ способомъ.

Изъ приготовленныхъ полумассъ приступаютъ уже къ приготовленію бумаги; для этого прежде всего смѣшиваютъ различные сорта полумассъ, въ зависимости отъ сорта и качества бумаги или картона, которые желаютъ получить; это одна изъ очень трудныхъ операцій. Потомъ массу подсиниваютъ по большей части ультрамариномъ, чтобы замаскировать желтизну массы и придать бумагѣ красивый бѣлый цвѣтъ. Кромѣ подсиниванія, примѣняютъ и подбѣливаніе, т.-е. примѣшиваютъ къ массѣ какой-нибудь бѣлый порошокъ, называемый шаржемъ, который служитъ въ то же время и для увеличенія вѣса бумаги. Наиболѣе употребительны, какъ шаржъ, бѣлая глина, мѣлъ, гипсъ, а также цинковыя или баритовыя бѣлила, получаемыя обмѣннымъ разложеніемъ въ самой массѣ. Излишняя подбѣлка увеличиваетъ вѣсъ бумаги, но сильно вредитъ ея прочности и является уже поддѣлкой.

Слѣдующая очень важная операція — проклейка бумаги — заключается въ томъ, что въ массу вводится такое вещество, которое не даетъ черниламъ и краскѣ растекаться по бумагѣ, какъ это мы видимъ на пропускной бумагѣ, непроклеенной. Проклейка производится или въ листахъ, или въ самой массѣ. Въ листахъ бумага проклеивается животнымъ клеемъ, въ массѣ, при производствѣ бумаги длинной лентой, употребляютъ смолистую проклейку. Для раствора смолы употребляютъ углекислый натръ и въ массѣ проклейка осаждается квасцами; тогда мелкія частицы смолы, мягкія отъ высокой температуры, склеиваютъ бумажныя волокна.

Изъ подготовленной, такимъ образомъ, бумажной массы дѣлаютъ бумагу; ее отливаютъ или ручнымъ способомъ отдѣльными листами или машиннымъ въ видѣ безконечной ленты. При ручномъ способѣ главный инструментъ — черпалка — дѣлается по размѣру листа бумаги и представляетъ деревянную рамку, на которую натянута тонкая латунная сѣтка. Рабочій черпаетъ сѣткой изъ чана массу, сливаетъ лишнюю и даетъ водѣ стечь черезъ сѣтку, при этомъ онъ слегка трясетъ черпалку, чтобы волокна равномѣрно размѣстились по всему листу. Такой листъ содержитъ еще очень много воды, его выкладываютъ на войлокъ;

цѣлую стопку такихъ листовъ бумаги, переложенныхъ войлокомъ, помѣщаютъ подъ прессъ. Когда листы отжаты, ихъ проклеиваютъ, погружая въ клей, опять отжимаютъ и просушиваютъ. Если желаютъ придать бумагѣ очень гладкую поверхность, то листы бумаги пропускаютъ черезъ особую машину, которая выглаживаетъ ихъ (сатинируетъ). Это очень дорогой способъ приготовленія бумаги, потому онъ употребляется исключительно для очень хорошихъ сортовъ бумаги: для рисовальной, для бумаги, служащей для документовъ, бумажныхъ денегъ и т. д. На такую бумагу наносятъ иногда водяные знаки, т.-е. такой узоръ, который виденъ на свѣтъ; получаются они такимъ образомъ: на сѣтку черпалки кладутъ знакъ или рисунокъ, сдѣланный изъ тонкой проволоки, тогда въ мѣстахъ, гдѣ расположена проволока, слой волоконъ будетъ тоньше и на свѣтъ даетъ рисунокъ.

Болѣе дешевый и болѣе быстрый способъ производства бумаги машинный; онъ даетъ бумагу непрерывной лентой, что очень удобно для печатанія на, такъ называемыхъ, ротаціонныхъ машинахъ, для производства обоевъ и т. д. Проклейка при этомъ способѣ производится въ чанѣ, въ который помѣщаютъ вполнѣ готовую массу съ примѣсями бѣлящихъ и проклеивающихъ веществъ. Машина для производства бумаги состоитъ изъ черпалки, которая равномѣрно выливаетъ массу на безконечное проволочное сито; сито поддерживается снизу валиками, по бокамъ у него сдѣланы борты изъ ремня или резины; особымъ приспособленіемъ сито получаетъ колебательныя движенія, чтобы лучше распредѣлить и перемѣшать волокна. Сито движется въ одномъ направленіи, и вытекающая на него масса постепенно передвигается дальше; вода проходитъ сквозь сито, и, когда масса дошла до конца его, то она уже настолько окрѣпла, что ее можно перемѣстить на войлокъ для выжиманія и высушиванія; образовавшуюся мокрую бумажную ленту пропускаютъ подъ безконечнымъ сукномъ сперва мокрымъ, а потомъ сухимъ. Сухое сукно прижимаетъ бумажную полосу къ нагрѣтымъ барабанамъ, а окончательно бумага высушивается въ сушильной батареѣ. Бумагу приходится даже увлажнять послѣ такой просушки. Такая бумага имѣетъ видъ безконечной ленты, края ея неровны, ихъ обрѣзаютъ. Если бумагу надо получить въ листахъ, то ее рѣжутъ особыми машинами.

Окраска бумаги производится или въ самой массѣ, прибавляя туда красящее вещество, или нанося краску на готовую бумагу, какъ поступаютъ при печатаніи ситцевъ.

Картонъ получается, или отливкой болѣе толстаго слоя бумажной массы, или склеиваніемъ нѣсколькихъ листовъ вмѣстѣ.

Такъ называемая, пропускная или фильтрованная бумага приготовляется безъ проклейки, а для бо́льшей пористости ее подвергаютъ вымораживанію; вода, замерзая, немного раздвигаетъ волокна. Бумага, употребляемая для заворачиванія, такъ называемая, пергаментная, получается обработкой пропускной бумаги крѣпкой сѣрной кислотой, подъ вліяніемъ которой клѣтчатка обращается въ особое липкое состояніе и волокна не только сильно склеиваются, но и промежутки между ними заполняются; такая бумага не пропускаетъ воды.

Пособія для изученія химической технологіи: *Остъ*, «Учебникъ химической технологіи». 1911 г. *Бунге*, «Курсъ химической технологіи». *Вагнеръ*. «Химическая технологія». Перев. Тизенгольдъ. 1902. «Библіотека промышленныхъ знаній» подъ редакціей Менделѣева. *Промышленность и техника*. Изданіе Т-ва «Просвѣщеніе». *Козловскій*. «Газовое производство». 1903. *Онъ же*, «Сухая перегонка дерева». 1906. *Клаассенъ*, «Свекло-сахарное производство». *Никитинскій*, Крахмальное производство». *Линднеръ*, «Пивоваренное производство». *Меркеръ*, «Винокуреніе», *Ховренко*, «Общее винодѣліе». *Ледебуръ*, «Металлургія чугуна, желѣза и стали». *Померанцевъ*, «Металлургія мѣди». *Борхаръ*, «Электрометаллургія». *Эйнаръ*. Металлургія золота. *Орловъ*. «Катихизисъ химическихъ производствъ». *Дементьевъ*, «Новое въ области минеральной технологіи». *Пытуховъ*, «Стеклодѣліе». *Соколовъ*, «Производство керамическихъ издѣлій». *Ницкій*, «Химія органическихъ красящихъ веществъ». *Сиволобовъ*, «Красильное искусство». *Веберъ*, «Маслобойное производство». *Шевлягинъ*, «Кожевенное производство». *Блахеръ*, «Теплота въ фабрично-заводскомъ дѣлѣ».

Горное дѣло.

1. Введеніе.

Прежде, чѣмъ перейти къ изложенію цѣли и сущности горнаго дѣла, необходимо предварительно условиться въ рядѣ понятій, которыми будемъ неоднократно пользоваться при дальнѣйшемъ изложеніи. Доступная изслѣдованію человѣка поверхностная часть земного шара называется *земной корой*. Изученіе послѣдней показываетъ, что она по составу представляется очень разнообразной; она состоитъ изъ однородныхъ тѣлъ, находящихся въ жидкомъ или твердомъ состояніи и образовавшихся въ самой природѣ—такъ называемыхъ *минераловъ*. Соединеніе одного или нѣсколькихъ минераловъ образуетъ тѣ каменныя массы, которыя, занимая значительной величины пространства, остаются приблизительно однородными по своему составу въ отдѣльныхъ своихъ частяхъ, и носятъ названіе *горныхъ породъ*, образующихъ въ своей совокупности земную кору. Горныя породы соединяютъ въ родственныя группы: во-первыхъ, въ зависимости отъ того, какимъ путемъ онѣ образовались, во-вторыхъ, въ какомъ видѣ и какъ между собой срослись слагающіе минералы (по такъ называемой структурѣ—внутреннему строенію горныхъ породъ) и, въ-третьихъ, какіе слагающіе минералы входятъ въ ихъ составъ. Въ зависимости отъ условій образованія различаютъ три главныхъ группы горныхъ породъ:

1) изверженныя, т.-е. происшедшія изъ расплавленныхъ массъ, извергавшихся и извергающихся до настоящаго времени изъ нѣдръ земли при вулканическихъ изверженіяхъ, почему ихъ называютъ еще вулканическими; 2) осадочныя—образовавшіяся въ водныхъ бассейнахъ путемъ отложенія въ послѣднихъ минеральнаго вещества, происшедшаго, или отъ разрушенія водой атмосферы горныхъ породъ, или благодаря участію непосредственнымъ или косвеннымъ путемъ организмовъ животнаго или раститель-

наго царства и т. д.; наконецъ 3) измѣненныя или метаморфическія породы, которыя образуются изъ горныхъ породъ двухъ предыдущихъ группъ, благодаря разнообразнымъ измѣненіямъ, которымъ онѣ подверглись послѣ своего образованія.

Среди общей минеральной массы, составляющей земную оболочку, человѣкъ останавливаетъ свое вниманіе, главнымъ образомъ, на той ея части, которая находитъ себѣ примѣненіе въ общежитіи, является полезнымъ для человѣка матеріаломъ и извлекается имъ изъ нѣдръ земли или съ поверхности тѣмъ или инымъ путемъ, почему такая минеральная масса и называется *полезными ископаемыми*.

Если въ данной области послѣднія скопляются въ значительномъ количествѣ — предъ нами мѣсторожденіе полезныхъ ископаемыхъ.

Извлеченіе изъ нѣдръ земли полезныхъ ископаемыхъ составляетъ основную задачу горнаго дѣла. Способы извлеченія ихъ, примѣняемые въ настоящее время, созданы были умомъ и работой человѣка не сразу, а постепенно, и вотъ на исторіи развитія горнаго дѣла вообще мы и остановимся теперь.

Горное дѣло зародилось одновременно почти съ появленіемъ человѣка на землѣ. Различныя жизненныя потребности, борьба за существованіе, необходимость самозащиты заставляли человѣка на первыхъ же порахъ своего существованія искать подходящій матеріалъ для домашней посуды, оружія, жилища... Камень, который онъ бралъ со дна рѣки и бросалъ въ врага, глина, изъ которой создавалъ себѣ жилище, и т. д. — все это зачатки извлеченія человѣкомъ полезныхъ ископаемыхъ изъ земли—зачатки горнаго дѣла. По мѣрѣ того, какъ человѣкъ духовно становился все выше и выше, и горное дѣло развивалось и совершенствовалось. Отъ камня человѣкъ перешелъ постепенно къ металлу: желѣзу, бронзѣ. Употребленіе того или иного металла въ обиходѣ во многихъ случаяхъ опредѣлялось исключительно мѣстными условіями. Напримѣръ, въ Сѣверной Америкѣ въ окрестностяхъ Веронскаго озера человѣкъ встрѣтилъ огромныя количества мѣди и онъ сумѣлъ постепенно приспособить послѣднюю къ своимъ нуждамъ, въ Мексикѣ и Перу — серебро, Африкѣ — золото. Во многихъ мѣстахъ земной поверхности въ пещерахъ, торфяныхъ болотахъ, курганахъ, уцѣлѣвшихъ до нашего времени постройкахъ найдено много предметовъ домашняго обихода, которые говорятъ за то, что человѣчество и въ до-историческій періодъ, т.-е. тотъ періодъ его жизни, о которомъ мы не имѣемъ никакихъ данныхъ письменныхъ, имѣло много положительныхъ знаній по горному дѣлу. Въ историческій же періодъ развитіе техники

горнаго дѣла идетъ болѣе ускореннымъ темпомъ и лишь паденіе Греціи, Римской имперіи, а затѣмъ великое переселеніе народовъ на время задерживаютъ это движеніе.

Съ VIII и IX вѣковъ послѣ Р. Х. среди народовъ сѣвера горное дѣло оживаетъ снова. Закладываются рудники сначала въ Германіи (Тиролѣ, Гарцѣ, Саксоніи), затѣмъ въ Швеціи, Норвегіи, Чехіи, Венгріи. Въ XIII столѣтіи начинается въ Англіи разработка мѣсторожденій каменнаго угля.

Совершенствованіе техники горнаго дѣла идетъ параллельно съ увеличеніемъ знаній о природѣ и развитіемъ естествознанія. Выясняются въ значительной степени условія залеганія въ природѣ отдѣльныхъ полезныхъ ископаемыхъ. Химія постигаетъ тайны неорганической природы; изучая свойства вновь открытыхъ элементовъ, ихъ соединеній, она находитъ новыя области примѣненія въ жизни минеральныхъ богатствъ. Изученіе силъ природы подчиняетъ распоряженію человѣка все новые и новые виды энергіи, скрытые въ неорганической, мертвой на первый взглядъ, природѣ. Возможность пользоваться этой энергіей вызываетъ огромное количество самыхъ разнообразныхъ изобрѣтеній съ цѣлью порабощенія ея, а также болѣе широкаго использованія различныхъ видовъ энергіи, извѣстныхъ до этого. Люди, сильные духомъ, предпріимчивые, преодолѣвая на своемъ пути громадныя препятствія, проникаютъ въ самые сокровенные уголки земной поверхности, открываютъ все новыя и новыя богатства полезныхъ ископаемыхъ.

Первое серьезное основаніе горному дѣлу въ Россіи положилъ великій князь Иванъ III Васильевичъ, который пригласилъ изъ Западной Европы горныхъ мастеровъ. Въ 1491 году, благодаря одной изъ снаряженныхъ экспедицій, были открыты въ Печорскомъ краѣ серебро и мѣдь, изъ которыхъ стали чеканить размѣнную монету. Къ концу XVI в. открываются соляныя варницы въ Старой Руссѣ, Перми, Вычегдѣ, на Соловецкихъ островахъ, разрабатывается Астраханская самосадочная соль; въ Каргополѣ и Устюгѣ-Желѣзномъ добывается желѣзо, сѣра — по берегамъ Волги. Великій преобразователь Руси, сознавая серьезное значеніе въ государственномъ хозяйствѣ горнаго дѣла, прилагаетъ усиленныя заботы, направленныя къ его развитію. Онъ объявляетъ полную свободу поисковъ, развѣдокъ и разработокъ, разрѣшаетъ извлекать полезныя ископаемыя изъ нѣдръ земли, принадлежащей частнымъ лицамъ безъ всякаго даже согласія со стороны владѣльцевъ.

Переходя къ изложенію самой сущности горнаго дѣла, ознакомимся прежде всего въ общихъ чертахъ съ условіями обра-

зованія полезныхъ ископаемыхъ и съ тѣми формами, въ какихъ онѣ находятся въ нѣдрахъ земли.

По способу своего образованія мѣсторожденія полезныхъ ископаемыхъ раздѣляютъ прежде всего на первичныя, т.-е. такія, которыя находятся въ томъ же видѣ, какой они имѣли во время ихъ возникновенія, и вторичныя, образовавшіяся вслѣдствіе разрушенія первичныхъ мѣсторожденій.

Среди первичныхъ, въ свою очередь, выдѣляютъ такія мѣсторожденія, которыя образовались одновременно съ включающей ихъ породой (это такъ называемыя *сингенетическія* мѣсторожденія); и такія, которыя образовались позднѣе включающей ихъ породы, (это — такъ называемыя *эпигенетическія* мѣсторожденія).

Сингенетическія мѣсторожденія бываютъ двоякаго рода. Одни изъ нихъ возникаютъ одновременно съ изверженной породой во время ея затвердѣванія и представляютъ мѣстныя скопленія тѣхъ или другихъ металлическихъ веществъ, содержащихся въ изверженной породѣ. Такія мѣсторожденія находятся внутри изверженныхъ породъ въ видѣ неправильныхъ массъ, называемыхъ *штоками*, если размѣры ихъ значительны, и — *гнѣздами*, если размѣры эти невелики.

Другія сингенетическія мѣсторожденія возникаютъ одновременно съ осадочными породами и происходятъ въ тѣхъ случаяхъ, когда вещество, образовавшее мѣсторожденіе, входитъ въ составъ матеріала, отлагавшагося въ водномъ бассейнѣ, или выдѣляется изъ раствора или изъ взвѣшеннаго состоянія, въ какомъ оно переносилось водой. Форма залеганія такихъ мѣсторожденій одинакова съ формой залеганія осадочныхъ породъ, т.-е. пластовая.

Среди эпигенетическихъ, т.-е. образовавшихся позднѣе окружающей породы, мѣсторожденій различаютъ, во-первыхъ, такія, которыя возникли, благодаря выполненію руднымъ веществомъ разнаго рода пустотъ въ корѣ земной; во-вторыхъ, такія, которыя образовались, благодаря измѣненіямъ горныхъ породъ подъ вліяніемъ тѣхъ или иныхъ химическихъ процессовъ (напр., дѣйствія циркулирующихъ подъ землей и содержащихъ въ растворѣ различныя вещества водъ; дѣйствія выдѣляющихся при вулканическихъ изверженіяхъ газовъ; дѣйствія одной расплавленной извергающейся породы на другія, съ какими она приходитъ въ соприкосновеніе и т. д.). Мѣсторожденія, представляющія выполненія пустотъ, имѣютъ или форму жилъ (жильныя мѣсторожденія), если выполненію подвергались существовавшія въ корѣ земной трещины, или — неправильную форму, аналогичную упомянутымъ выше штокамъ и гнѣздамъ.

Въ мѣсторожденіяхъ, возникающихъ благодаря химическимъ измѣненіямъ горныхъ породъ, рудное вещество, или равномѣрно распредѣляется по всей измѣненной породѣ, и формой залеганія мѣсторожденія является форма залеганія самой породы, или скопляется въ неправильныхъ разной величины массахъ, т.-е. опять-таки образуетъ штоки и гнѣзда.

Вторичныя мѣсторожденія раздѣляются на такія, которыя образовались, главнымъ образомъ, вслѣдствіе химическихъ измѣненій первичныхъ мѣсторожденій и на мѣстѣ залеганія послѣднихъ (это — такъ называемыя *элювіальныя розсыпи*); и на такія, которыя произошли, благодаря механическому разрушенію первичныхъ мѣсторожденій, это — *собственно розсыпи*.

На изученіи формъ залеганія въ природѣ полезныхъ ископаемыхъ необходимо остановиться уже потому, что отъ нихъ въ значительной степени зависятъ системы разработокъ мѣсторожденій, примѣняемыхъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Обзоръ системъ извлеченія изъ нѣдръ земли полезныхъ ископаемыхъ мы будемъ вести параллельно съ описаніемъ мѣсторожденій послѣднихъ, а теперь перейдемъ къ порядку отысканія полезныхъ ископаемыхъ — *поискамъ и развѣдкамъ*, которые предшествуютъ разработкѣ мѣсторожденія. Отысканіе и приблизительное хотя опредѣленіе размѣровъ даннаго мѣсторожденія и запасовъ полезнаго ископаемаго составляютъ основную цѣль, которую преслѣдуютъ при предварительной развѣдкѣ.

2. Поиски мѣсторожденій полезныхъ ископаемыхъ.

Поиски мѣсторожденій полезныхъ ископаемыхъ чаще производятся въ мѣстностяхъ болѣе или менѣе извѣстныхъ. Свидѣтельства и разсказы мѣстныхъ жителей нерѣдко вызываютъ образованіе *развѣдочныхъ партій*. Организація послѣднихъ является дѣломъ, требующимъ отъ руководителей большого опыта, знанія, находчивости и изобрѣтательности, знанія условій мѣстности, привычекъ рабочихъ, способовъ передвиженія и многаго другого, что на первый взглядъ кажется дѣломъ не особенно важнымъ, а впослѣдствіи сказывается очень замѣтнымъ образомъ на успѣхѣ всей работы.

Какихъ-нибудь опредѣленныхъ указаній насчетъ того, куда должны быть направлены поиски полезныхъ ископаемыхъ,—дать нельзя. Очень много богатыхъ мѣсторожденій было открыто, благодаря счастливой случайности. Однако нѣкоторыя общія положенія, какими рекомендуется руководиться при поискахъ и развѣдкахъ, существуютъ. Такъ, можно сказать, что рудныя мѣ-

сторожденія чаще встрѣчаются въ областяхъ, гдѣ имѣютъ преобладающее развитіе болѣе древнія породы. Это объясняется тѣмъ, что чѣмъ древнѣе порода, тѣмъ больше должна была она испытать различныхъ измѣненій; а мы уже говорили, что происхожденіе нѣкоторыхъ рудныхъ мѣсторожденій связано именно съ тѣми или другими измѣненіями породъ. Также считаются благопріятными, въ смыслѣ возможности отысканія мѣсторожденій полезныхъ ископаемыхъ, области гористыя, съ очень расчлененнымъ рельефомъ поверхности. Образованіе горъ, особенно большихъ, геологія объясняетъ дислокаціей, т.-е. различными перемѣщеніями въ корѣ земной; такія перемѣщенія часто сопровождаются образованіемъ трещинъ, которыя и могутъ затѣмъ послужить мѣстомъ выхода изверженныхъ породъ и сопровождающихъ вулканическія изверженія горячихъ источниковъ, такъ и для циркуляціи подземныхъ водъ; а съ такими явленіями, какъ мы видѣли, нѣкоторыя рудныя мѣсторожденія также находятся въ тѣсной связи.

Если предъ нами болѣе или менѣе спокойная съ ровными, сглаженными, благодаря дѣятельности воды, вѣтра, формами рельефа мѣстность, если породы, встрѣченныя здѣсь, къ тому же принадлежатъ къ болѣе древнимъ, — надо надѣяться, что здѣсь залегаютъ рудныя скопленія, прежде скрытыя на глубинѣ подъ мощнымъ покровомъ болѣе новыхъ отложеній, теперь же находящіяся на поверхности; если же породы встрѣчены болѣе юныя, то можно разсчитывать встрѣтить залежи торфа, озерныхъ и болотныхъ желѣзныхъ рудъ и т. д.

Къ признакамъ, заслуживающимъ вниманія, слѣдуетъ отнести *спутниковъ;* такъ называются минералы, которые часто сопровождаютъ одни и тѣ же полезныя ископаемыя. На Алтаѣ, напримѣръ, серебряныя, свинцовыя и мѣдныя руды сопровождаются тяжелымъ шпатомъ, и въ данномъ районѣ при изысканіяхъ на вышеуказанныя руды этого обстоятельства выпускать изъ вида не слѣдуетъ. Иногда на поверхности изслѣдуемаго района можно замѣтить окраску выходовъ рудъ — «хвостъ мѣсторожденій». При желѣзныхъ рудахъ этотъ хвостъ принимаетъ буроватую до красной окраску, при мѣдныхъ — голубую или зеленую, при свинцовыхъ — желтую, при цинковыхъ — бѣловатую и т. д.

Присутствіе минеральныхъ источниковъ, содержащихъ въ растворенномъ состояніи различныя соли металловъ въ значительномъ количествѣ, нерѣдко даютъ разгадку состава нѣдръ даннаго района; ключи соленые, указываютъ на присутствіе соли, (какъ, напримѣръ, въ Пермской губерніи) желѣзистые — желѣзныхъ рудъ. Отпечатки растеній, раковины окаменѣлости,

которые иногда, при бѣгломъ даже осмотрѣ мѣстности, попадаются въ значительномъ количествѣ — имѣютъ очень важное значеніе, такъ какъ по нимъ можно указать возрастъ слагающихъ данную мѣстность породъ, а по послѣднему въ значительной степени предугадать возможность нахожденія того или иного ископаемаго. Въ отдѣльныхъ мѣстностяхъ нахожденіе многихъ полезныхъ ископаемыхъ связано съ горными породами опредѣленнаго возраста.

Простираніе и паденіе жилъ (см. II т. Геологію), иногда даже не содержащихъ рудъ (такъ называемыхъ — пустыхъ жилъ), даетъ направленіе, въ которомъ можно встрѣтить въ этомъ районѣ и рудосодержащія жилы. Наконецъ, особенно вѣскія данныя сообщаетъ матеріалъ, который является въ результатѣ разрушенія жильныхъ мѣсторожденій полезныхъ ископаемыхъ, и снесенныхъ водой въ сосѣднія долины. По находимымъ при изысканіяхъ кускамъ руды, породъ, какъ по маякамъ, представляется возможнымъ опредѣлить отчасти по величинѣ, отчасти по степени окатности, на сколько далеко онъ занесенъ сюда водой съ мѣста своего первоначальнаго мѣстонахожденія. Чѣмъ больше кусокъ и чѣмъ меньше онъ окатанъ, тѣмъ ближе выходъ этого ископаемаго; наоборотъ, чѣмъ меньше попадающіеся куски, чѣмъ больше они округлены, тѣмъ, слѣдовательно, большій путь они совершили, тѣмъ дальше выходъ ископаемаго. Руководясь этими данными, можно, слѣдуя вверхъ по долинѣ, въ концѣ-концовъ, дойти до самаго мѣсторожденія. Такимъ образомъ, чисто теоретическія разсужденія предопредѣляютъ въ значительной степени порядокъ производства работы поисковыхъ партій.

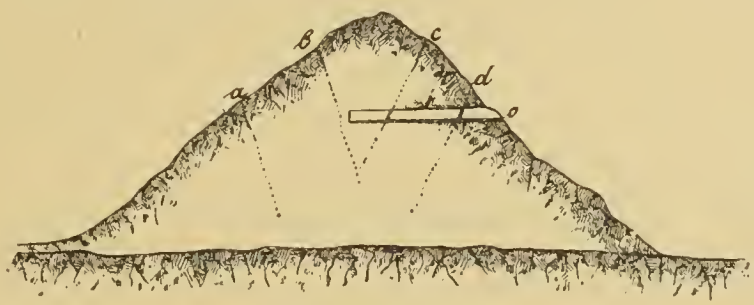
Познакомившись бѣгло съ даннымъ райономъ, часто останавливаются на такой изъ долинъ, которая имѣетъ очень много обнаженій, благодаря тому, что она пересѣкла многія горныя породы по направленію, перпендикулярному простиранію ихъ; такія долины называются поперечными, въ отличіе отъ продольныхъ, параллельныхъ преобладающему направленію горныхъ цѣпей этого района (см. т. II Геологію). Изслѣдованія долины начинаютъ съ ея низовьевъ и идутъ вверхъ. Горныя работы, брошенныя, быть-можетъ, давнымъ-давно, овраги, обрывы, гдѣ также имѣются обнаженія, минералы, горныя породы, попадающіеся на пути въ долинахъ, — всѣ вышеописанные признаки, дающіе тѣ или иныя указанія на мѣсторожденія полезныхъ ископаемыхъ, должны обращать на себя вниманіе всѣхъ участниковъ партіи и своевременно быть переданы завѣдующему поисковой партіей.

При поискахъ желѣзныхъ рудъ въ нѣкоторыхъ странахъ (Швеціи, Германіи) примѣняются магнитныя наблюденія. Желѣз-

ныя руды (магнитный желѣзнякъ) обладаютъ магнитнымъ свойствомъ, т.-е. при приближеніи къ куску такой руды магнитной стрѣлки, одинъ конецъ ея притягивается, а другой отталкивается; по степени отклоненія стрѣлки можно, до нѣкоторой степени, судить о количествѣ скрытыхъ подъ землею рудъ.

Наконецъ еще находятъ себѣ примѣненіе поиски рудъ при помощи электрическаго тока. Этотъ способъ нахожденія рудъ отъ предыдущаго отличается тѣмъ, что здѣсь наблюдаютъ электропроводность минеральныхъ массъ даннаго района (см. т. I Физику). Извѣстно, что руды въ общемъ болѣе электропроводны, чѣмъ породы ихъ окружающія.

Детальныя развѣдки. Если предварительныя работы дали положительный результатъ, то производятъ *детальныя развѣдки*, при которыхъ часто добывается полезное ископаемое, иногда въ такомъ возрастающемъ количествѣ, что постепенно эти развѣдоч-



Черт. 230.

ныя въ началѣ работы переходятъ въ *очистныя*, т.-е. такія работы, когда извлеченіе полезнаго ископаемаго является главной цѣлью работъ, а развѣдка ведется съ цѣлью выясненія запасовъ на будущее время. При такихъ условіяхъ первоначальныя развѣдки являются работами *подготовительными* къ очистнымъ.

Детальныя развѣдки полезныхъ ископаемыхъ производятся различными способами. Примѣненіе той или иной системы зависитъ отъ условій залеганія ископаемаго. Когда послѣднее почти выходитъ на дневную поверхность, примѣняются обыкновенныя канавы. При залеганіи полезнаго ископаемаго на болѣе или менѣе значительной глубинѣ пользуются *штольнями, шурфами* и *буровыми скважинами*. Горизонтальная или близкая къ ней выработка, идущая съ поверхности внутрь горы, называется штольней (черт. 230). Шурфомъ называется вертикальное углубленіе-колодецъ, пройденный къ мѣсторожденію; во многихъ случаяхъ, на различныхъ глубинахъ, отъ него дѣлаютъ отвѣтвленія въ видѣ горизонтальныхъ галлерей, которыя называются *штреками* (иногда ихъ называютъ развѣдочными штреками) въ томъ случаѣ,

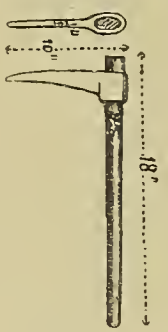
когда онѣ проводятся по пласту или по жилѣ, и *квершлагами*, когда проводятся въ направленіи, перпендикулярномъ къ простиранію (вкрестъ простиранія) пластовъ и идутъ часто по пустой породѣ.

Развѣдку ископаемыхъ шурфами называютъ *шурфованіемъ*.

Буровыми скважинами называются круглыя отверстія въ земной корѣ небольшого діаметра, просверливаемыя особыми, такъ называемыми буровыми машинами. Развѣдка ископаемыхъ при помощи буровыхъ машинъ называется буреніемъ.

Послѣднія двѣ системы работъ примѣняются довольно часто при развѣдкахъ, а потому познакомимся съ ними нѣсколько подробнѣе.

Шурфованіе. Шурфы чаще дѣлаются прямоугольнаго поперечнаго сѣченія, а иногда и круглаго. Послѣднее примѣняютъ въ тѣхъ случаяхъ, когда не предполагаютъ укрѣплять стѣнокъ, что возможно, во-первыхъ, при крѣпкихъ породахъ, когда стѣнки шурфа не обваливаются, и, во-вторыхъ, при сравнительно небольшой глубинѣ шурфа — не болѣе 3-хъ саженъ. Шурфы прямоугольнаго сѣченія углубляютъ точно такъ же, какъ обыкновенно колодцы.



Черт. 231.
Кайла.

Работы по шурфованію въ породахъ не очень твердыхъ — средней твердости ведутся при помощи кайлы (черт. 231), лома и лопаты. Въ породахъ болѣе мягкихъ кайлой не пользуются иногда совсѣмъ, а углубленіе ведутъ при помощи лопаты или заступа. При углубленіи слѣдятъ за состояніемъ стѣнокъ и останавливаютъ эту работу, какъ только начнется обваливаніе ихъ, и тогда приступаютъ къ искусственному ихъ укрѣпленію деревомъ — *крѣпленію*. При самыхъ благопріятныхъ условіяхъ углубленіе безъ крѣпленія стѣнокъ возможно не глубже сажени. Чаще другихъ употребляется такъ называемая вѣнцовая крѣпь (срубъ), которая можетъ быть сдѣлана простымъ рабочимъ. Свободное пространство между стѣнкой шурфа и крѣпью закладывается кусками породы и забивается глиной. Закрѣпивъ стѣнки, продолжаютъ углубленіе шурфа дальше. Пройдя сажень, снова ведутъ крѣпленіе выработаннаго участка и т. д. Пока глубина шурфа не превосходитъ одной сажени, эту работу исполняетъ (или на эту работу, какъ говорятъ, задолжается) одинъ рабочій, послѣдній легко выбрасываетъ добытый матеріалъ на верхъ. При дальнѣйшемъ углубленіи, на глубинѣ 1-й сажени устанавливаютъ полокъ на распоркахъ. Ниже на сажень при противоположной стѣнкѣ шурфа устанавливаютъ другой полокъ. Матеріалъ, добытый внизу, подается сначала на нижній полокъ.

потомъ на верхній, а ужъ отсюда на поверхность. Третій полокъ чаще (а иногда и второй) не ставятъ, а пользуются воротомъ, который по устройству и установкѣ ничѣмъ не отличается отъ воротовъ, употребляемыхъ при обыкновенныхъ колодцахъ. При глубокихъ шурфахъ пользуются коннымъ воротомъ.

Пока воды въ шурфѣ не много, ее поднимаютъ въ тѣхъ же бадьяхъ, что и породы, но, когда притокъ ея достигнетъ болѣе 5 вед. въ часъ, тогда устанавливаютъ, или ручной, или паровой насосъ.

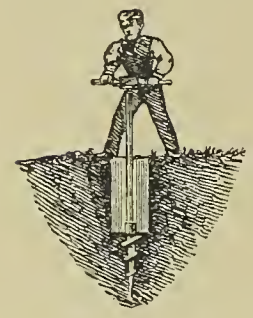
Въ очень глубокихъ шурфахъ и въ развѣдочныхъ штрекахъ, особенно въ жаркое время года, отъ дыханія рабочихъ, отъ горѣнія свѣчей, лампъ, наконецъ, отъ порохострѣльной работы, которая въ нѣкоторыхъ случаяхъ здѣсь примѣняется, какъ увидимъ ниже,—воздухъ настолько портится, что приходится непремѣнно данную выработку провѣтривать—*вентилировать*. Частый подъемъ и опусканіе бадей отчасти разрѣшаетъ этотъ вопросъ, въ другихъ случаяхъ устанавливаютъ печки (вентиляціонныя), отъ которыхъ труба выходитъ на поверхность. Во время топки печи устанавливается тяга воздуха, благодаря чему происходитъ хорошее провѣтриваніе шурфа. При болѣе глубокихъ выработкахъ приходится ставить вентиляторы, при помощи которыхъ или накачиваютъ воздухъ съ поверхности внизъ, въ мѣсто работъ, или высасываютъ оттуда испорченный воздухъ.

Развѣдка жильныхъ мѣсторожденій, залегающихъ въ твердыхъ породахъ, при помощи шурфованія примѣняется лишь для обнаженія ихъ выхода. А для изслѣдованій на большую глубину не примѣняется, такъ какъ является очень дорогой работой и замѣняется буреніемъ, съ которымъ познакомимся ниже.

Въ томъ случаѣ, когда по тѣмъ или инымъ причинамъ ведутъ развѣдочныя работы шурфованіемъ въ твердыхъ породахъ, пользуются порохострѣльной работой. При этомъ въ проходимыхъ породахъ *выбуриваютъ* отверстіе (шпуръ), заряжаютъ его взрывчатымъ веществомъ (порохомъ, динамитомъ), зажигаютъ (палятъ) и такимъ образомъ углубляются все дальше.

Буреніе. Теперь перейдемъ къ развѣдкѣ буреніемъ, которое примѣняется чаще при твердыхъ породахъ. Этотъ способъ развѣдки за послѣднее время получилъ широкое распространеніе, благодаря своей относительной дешевизнѣ, а главное, благодаря тому, что онъ даетъ возможность получить очень скоро нужные результаты. Различаютъ вращательное, ударное и смѣшанное буренія. Обыкновенный земляной буръ (черт. 232), примѣняемый для неглубокаго буренія въ мягкихъ породахъ, является, можно сказать, только большимъ штопоромъ; съ помощью деревянной

палки, вставленной въ кольцо, производится вращеніе бура, а вмѣстѣ съ тѣмъ и углубленіе (черт. 233).



Черт. 232.

Наибольшимъ распространеніемъ въ Россіи пользуются инструменты, предложенные въ свое время С. Г. Войславомъ. Буровой приборъ его состоитъ изъ слѣдующихъ главныхъ частей: 1) пустотѣлая труба — *штанга*, состоящая изъ отдѣльныхъ частей, соединенныхъ между собой муфтами; 2) эта штанга на верхнемъ концѣ несетъ ушко, въ которое вставляется деревянная рукоятка для вращенія инструмента и 3) *буровая ложка* въ видѣ полуцилиндра, оканчивающагося винтовымъ дномъ, а вверху имѣющаго нарѣзку, съ помощью которой онъ соединяется со штангой. Ложка такого устройства находитъ себѣ примѣненіе лишь въ мягкихъ породахъ (глинахъ, пескахъ и т. д.), чаще пользуются вмѣсто нея спиральнымъ буромъ. Вынимая отъ времени до времени ложку, получаютъ образцы проходимыхъ породъ. Если буреніе производятъ въ породахъ сыпучихъ или плывучихъ, то стѣнки скважины закрѣпляютъ, такъ называемыми, обсадными трубами. Заслуживаетъ особаго вниманія алмазное буреніе, которое при развѣдкахъ въ очень твердыхъ породахъ является незамѣнимымъ способомъ. Приборъ, примѣняемый при алмазномъ буреніи, имѣетъ много общаго съ вышеописаннымъ приборомъ Войслава. Къ концу пустотѣлой штанги (вмѣсто ложки и бура Войслава) привинчивается стальная коронка (пустотѣлый цилиндръ съ черными алмазами на нижней кольцевой поверхности); штангѣ сообщаютъ вращательное движеніе, при этомъ коронка тоже вращается своими алмазами, которые обладаютъ среди всѣхъ минераловъ, встрѣченныхъ въ природѣ, наивысшей твердостью, и измельчаютъ по кольцевой поверхности проходимыя породы, а часть ихъ противъ середины штанга въ видѣ столбика, называемаго *колонкой*, входитъ въ полость коронки и штанги. Отъ времени до времени колонку ломаютъ при помощи нѣкоторыхъ приспособленій прибора и вынимая на поверхность, получаютъ такимъ образомъ образцы проходимыхъ породъ.

Черт. 233.

Заканчивая обзоръ развѣдочныхъ работъ, сравнимъ развѣдки послѣднихъ двухъ способовъ, шурфованія и буренія. Больше преимуществъ на сторонѣ послѣдняго способа. Предѣльная глубина при шурфованіи опредѣляется въ среднемъ величи-

ною около 70 футовъ, тогда какъ глубина буровой скважины въ 200 фут. является сравнительно малой. При изслѣдованіи, напримѣръ, состава каменноугольныхъ отложеній въ Верхней Силезіи буровая скважина достигла глубины почти 2 верстъ (2.003 метр.). При развѣдкахъ въ твердыхъ породахъ буреніе дешевле шурфованія. При мягкихъ и слабыхъ, богатыхъ водой, породахъ примѣнять лучше буреніе, при которомъ скважины углубляются въ 20 разъ скорѣе, чѣмъ при шурфованіи. Положительной стороной шурфованія является, главнымъ образомъ, бо́льшее обнаженіе проходимыхъ породъ, слѣдовательно, возможность лучше изучать составъ и условія залеганія горныхъ породъ, во-вторыхъ, развѣдки шурфованіемъ легче и быстрѣе можно наладить, чѣмъ буреніе, — послѣднее обстоятельство имѣетъ особо важное значеніе у насъ, въ Россіи, гдѣ доставка буровыхъ инструментовъ на мѣсто развѣдокъ, ремонтъ, особенно въ удаленныхъ отъ культурныхъ центровъ уголкахъ, сопряжены съ большими затрудненіями.

3. Горныя работы.

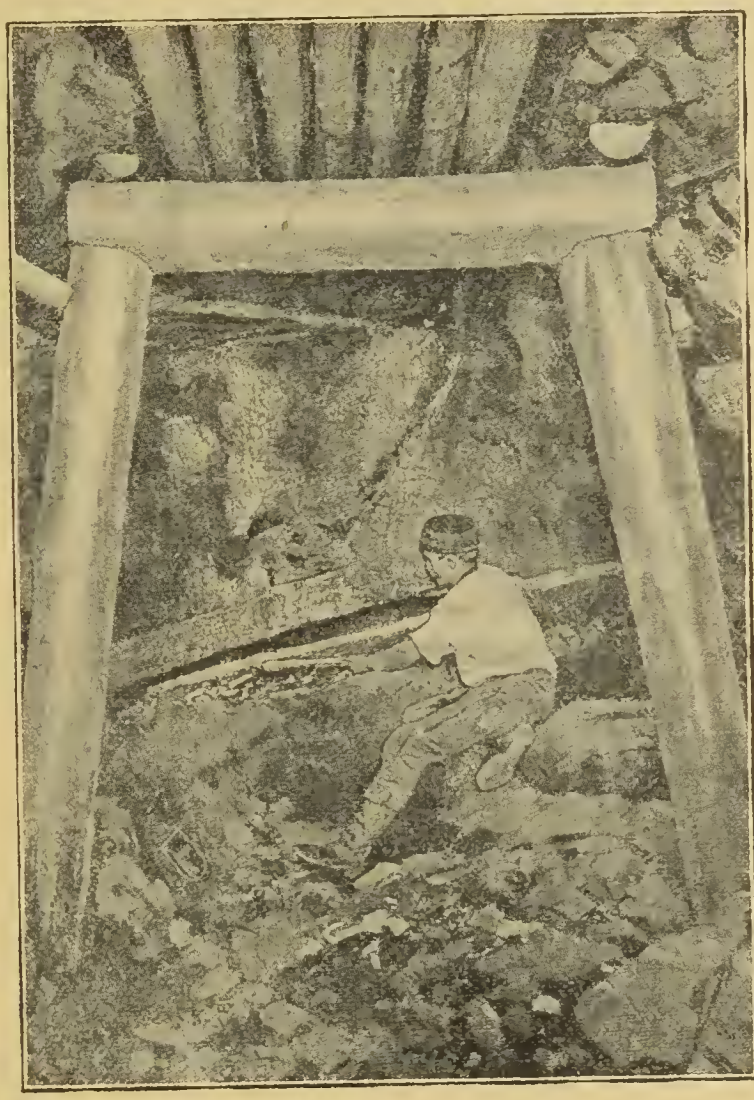
На этомъ заканчиваемъ обзоръ развѣдочныхъ работъ и переходимъ къ *очистнымъ горнымъ работамъ*, которыя имѣютъ цѣлью непосредственное извлеченіе полезнаго ископаемаго изъ нѣдръ земли; если эти работы ведутся подъ землей, то ихъ наз. еще *подземными выработками* въ отличіе отъ надземныхъ *открытыхъ выработокъ*. Съ началомъ этихъ работъ, мѣстность, гдѣ производятся онѣ, называютъ уже рудникомъ, если разрабатываются руды, копями, если каменный уголь, и пріисками, если разрабатывается золотая розсыпь.

Весь добытый подъ землею матеріалъ доставляется на дневную поверхность (рѣже по штольнѣ), чаще черезъ вертикально-отвѣсную или наклонную выработку, наз. шахтой; это—тотъ же шурфъ, съ которымъ мы встрѣчались выше; но только болѣе значительныхъ размѣровъ и въ поперечномъ сѣченіи, въ глубину. Часть шахты, близкой къ поверхности, наз. ея устьемъ, стѣны—боками. Шахты, которыя проходятъ въ твердыхъ породахъ, дѣлаются чаще прямоугольнаго сѣченія, а въ слабыхъ—круглаго. Каждая шахта дѣлится перегородками на отдѣленія; обыкновенно дѣлаютъ ихъ три: 1) подъемное отдѣленіе — для подъема и спуска грузовъ; 2) лѣстничное, въ которомъ устанавливаются лѣстницы для спуска рабочихъ въ рудникъ на работу и 3) отдѣленіе насосное, паровое и т. д.; въ немъ устанавливаются трубы, по которымъ подаются: вода изъ рудниковъ насосами, паръ внизъ къ паровымъ машинамъ, сжатый воздухъ для нѣкоторыхъ, употре-

бляемыхъ въ горномъ дѣлѣ машинъ и т. д. Иногда это отдѣленіе соединяется съ предыдущимъ въ одно. У основанія шахты, куда сгоняютъ со всѣхъ сторонъ вагонетки съ рудой, углемъ, породой, и т. д. дѣлаютъ широкую выработку, называемую рудничнымъ дворомъ. Въ самую нижнюю часть шахты — *зумпфъ* стекаетъ подземная вода изъ всѣхъ выработокъ, отсюда она и выкачивается насосами наверхъ; иногда, при благопріятныхъ условіяхъ рельефа мѣстности, вода вытекаетъ сама собой по штольнѣ. Во многихъ случаяхъ шахту проводятъ въ участкѣ, въ которомъ не предполагаютъ вынимать матеріалъ (въ пустой породѣ), а уже изъ рудничнаго двора доходятъ до самаго мѣсторожденія квершлагомъ. Шахту доводятъ до такой глубины, чтобы былъ захваченъ болѣе или менѣе порядочный по величинѣ участокъ (*поле*), чтобы матеріалъ изъ выработокъ доставлялся сверху внизъ, чтобы не приходилось его поднимать къ рудничному двору. Дойдя до мѣсторожденія квершлагомъ, проводятъ по пласту (или вообще по ископаемому) выработку, назыв. *штрекомъ* или *продольной*. Продольная на горизонтѣ рудничнаго двора наз. *главнымъ откаточнымъ штрекомъ* въ отличіе отъ штрековъ, проводимыхъ въ томъ же пластѣ параллельно ему на разстояніи по пласту отъ 10—50 саж. Иногда горизонты двухъ штрековъ соединяются вертикальной выработкой, наз. *гезенкомъ*, соединеніе же по пласту наз. *наклоннымъ штрекомъ*; на югѣ Россіи такія выработки называются *ватербой*, *бремсбергомъ*. Въ зависимости отъ назначенія штреки наз. откаточными, воздушными и т. д. Мы подошли, такимъ образомъ, къ району, гдѣ производятъ *выемку мѣсторожденія на очистку*, почему эти работы и называются очистными. Въ зависимости отъ свойствъ извлекаемаго матеріала, окружающихъ породъ примѣняется та или другая система по возможности полнаго извлеченія изъ нѣдръ земли полезнаго ископаемаго. Въ однихъ случаяхъ вынимаютъ сплошь полезное ископаемое, и кровля рушится сама собой, въ другихъ случаяхъ выработанное пространство заполняется пустой породой (разработка съ закладкой выработаннаго пространства), въ третьихъ случаяхъ оставляются участки-столбы, которые удерживаютъ на себѣ всю вышележавшую массу, (столбовая система), и т. д. Къ болѣе подробному знакомству съ этими способами разработки мѣсторожденій мы переѣдемъ ниже при описаніи мѣсторожденій, тамъ же познакомимся и съ открытыми работами и разработкой золотоносныхъ розсыпей, представляющей нѣкоторыя особенности. Во всѣхъ болѣе или менѣе крупныхъ горныхъ предпріятіяхъ параллельно съ извлеченіемъ ископаемаго наносится на бумагѣ планъ работъ, относительное положеніе пластовъ въ вертикальныхъ разрѣзахъ.

При производствѣ горныхъ работъ пользуются горными инструментами, съ нѣкоторыми изъ которыхъ въ предыдущемъ изложеніи мы познакомились: кайла, ломъ, буръ, лопата, молотокъ, кирка.

Мѣсто непосредственной добычи ископаемаго наз. *забоемъ*. Для того, чтобы извлечь ископаемое, работая кайлой, вынимаютъ



Черт. 234. Выемка вруба.

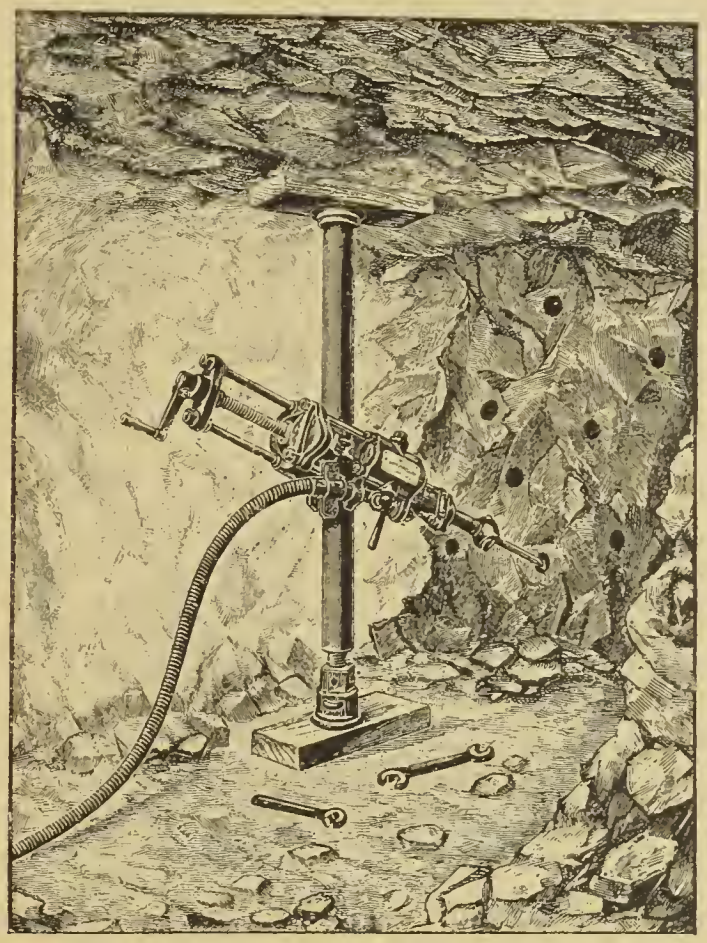
внизу полосу, наз. *врубомъ* (черт. 234), а затѣмъ отрываютъ съ помощью лома или клиньевъ и вышележащія массы. Иногда съ той же цѣлью въ болѣе крупныхъ предпріятіяхъ примѣняютъ такъ наз. врубовыя машины. При проходкѣ горныхъ выработокъ въ твердыхъ породахъ пользуются порохострѣльной работой (см. гл. шурфованіе), съ примѣненіемъ такъ наз. *перфораторовъ*. По способу дѣйствія среди послѣднихъ различаютъ ударные, вра-

щательные и смѣшаннаго типа. Перфораторъ—тотъ же буровой (малаго лишь размѣра) приборъ, съ которымъ мы встрѣчались выше. Въ дѣйствіе приводится вручную или электричествомъ, а иногда и сжатымъ воздухомъ. На черт. 235 изображенъ установленный къ работѣ перфораторъ. Въ пробуренныя отверстія (шпуры) закладываются взрывчатыя вещества.

До 1862 г. находилъ себѣ примѣненіе въ горномъ дѣлѣ только порохъ, состоящій приблизительно изъ 70 ч. по вѣсу селитры, 14 частей сѣры и 16 ч. древеснаго угля. Порохомъ пользуются лишь для сухихъ шнуровъ: въ пороховой зарядъ вводятъ пороховую нить съ пеньковой обвивкой, называемую затравкой. Забивъ глиной свободный конецъ, зажигаютъ затравку и получается взрывъ. Въ 1862 г. Нобель открылъ новое взрывчатое вещество — нитроглицеринъ, который получается изъ глицерина, обработаннаго смѣсью сѣрной и азотной кислотъ. Въ чистомъ видѣ эта маслянистая жидкость требуетъ большой осторожности при обращеніи съ нею, и потому Нобель предложилъ употреблять для горныхъ работъ менѣе опасный матеріалъ — пористую инфузорную землю, пропитанную нитроглицериномъ — называемую *кизельгуръ-динамитомъ*. Для взрыва этого порошка сверхъ его кладутъ особый *патронъ пальникъ* съ капсулей гремучей ртути (см. т. I, Химію). Работа со взрывчатыми веществами является одной изъ самыхъ опасныхъ горныхъ работъ и поручается самымъ опытнымъ рабочимъ.

Всѣ подземныя выработки во многихъ случаяхъ предназначены служить очень продолжительное время; когда онѣ пройдены въ твердыхъ породахъ (песчаникахъ, известнякахъ, и т. д.), то стѣнки этихъ выработокъ остаются долго цѣлыми сами по себѣ безъ искусственнаго закрѣпленія; при мягкихъ, трещиноватыхъ или легко разрушающихся породахъ подъ вліяніемъ воды, протекающей по нимъ, въ особенности, когда давленіе выше-лежащихъ массъ значительно, стѣнки приходится укрѣплять или, выражаясь технически, *крѣпить*. Желая уменьшить давленіе породъ и сообщить выработкѣ большую устойчивость, иногда придаютъ ей форму эллипсиса (круглаго овала). Съ той же цѣлью оставляютъ отдѣльные участки (столбы) полезнаго ископаемаго и производятъ закладку (заполненіе) выработаннаго пространства пустой породой. Способъ крѣпленія вообще и выборъ матеріала для него въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ зависитъ отъ количества времени, на которое данная выработка будетъ нужна, отъ ея назначенія, свойствъ породъ. Очень часто приходится прибѣгать къ искусственному крѣпленію деревомъ, желѣзомъ и камнемъ. Употребленіе того или иного матеріала зависитъ отъ мѣстныхъ

условій. Въ странахъ, богатыхъ лѣсомъ, при невысокой его, слѣдовательно, стоимости, пользуются имъ для крѣпленія; въ безлѣсныхъ же мѣстностяхъ, богатыхъ въ самихъ рудникахъ пустой крѣпкой породой, крѣпятъ камнемъ. Благодаря пониженію цѣнъ на желѣзо, послѣднее стало находить себѣ въ горномъ дѣлѣ широкое примѣненіе. Кромѣ того, предполагаемая продолжительность данной выработки является однимъ изъ важныхъ



Черт. 235. Перфораторъ въ работѣ.

условій при рѣшеніи вопроса выбора матеріала для крѣпленія, поэтому такія капитальныя выработки, какъ шахта и рудничный дворъ, которые необходимы на все время существованія, отъ начала до конца, крѣпятся наиболѣе прочнымъ матеріаломъ: камнемъ, желѣзомъ, толстымъ лучшаго качества деревомъ.

Выработанныя пространства, *очистныя выработки*, крѣпятся стойками, упирающимися однимъ концомъ въ лежачій, другимъ въ висячій бока мѣсторожденія. Чтобы увеличить площадь давленія породъ, подъ концы стоекъ (въ особенности подъ верхній)

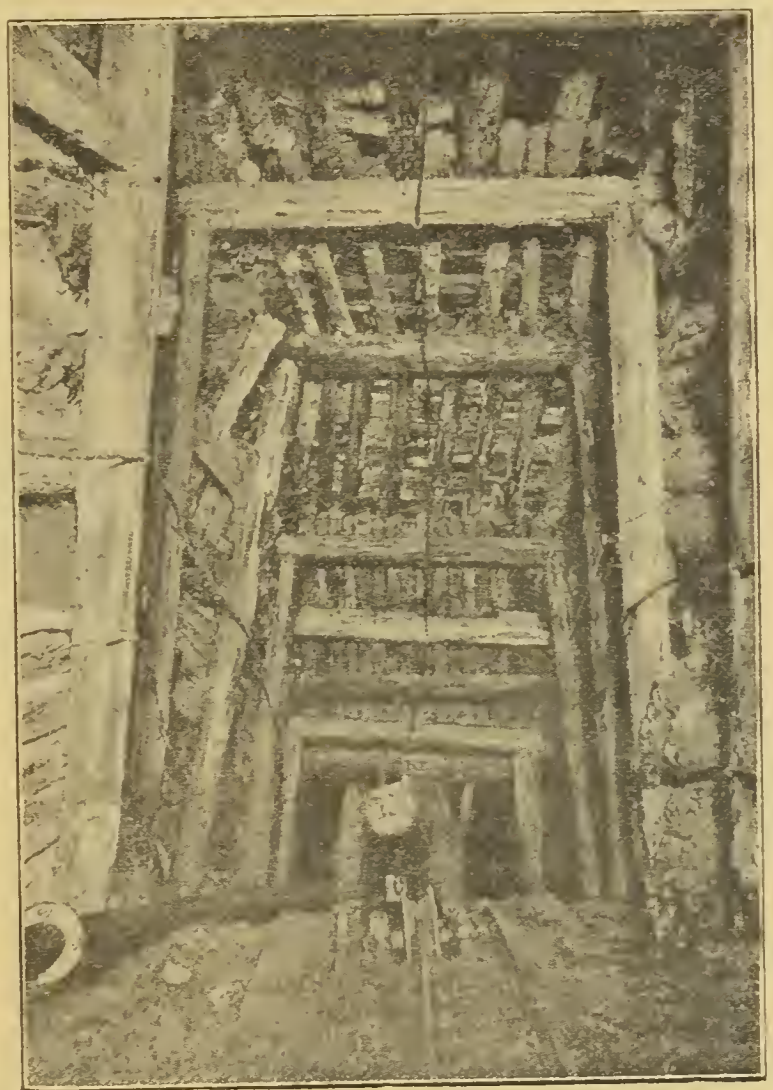
подкладываютъ тонкія доски (обаполы). Иногда тѣ же стойки, болѣе толстыя, укладываются въ отдѣльныхъ мѣстахъ выработки горизонтальными рядами, положеннымп попеременно во взаимноперпендикулярномъ направленіи, какъ доски, плахи, бревна въ штабеляхъ на лѣсныхъ дворахъ, такое крѣпленіе наз. *костровой* крѣпью. Въ зависимости отъ условій давленія примѣняется въ штрекахъ и др. горныхъ выработкахъ полная крѣпь дверными окладами, изображенная на черт. 236. Въ выработкахъ, которыя предназначаются на болѣе продолжительное время крѣпь ставится безъ всякихъ промежутковъ — сплошь, почему такое крѣпленіе называется *сплошной крѣпью*. На томъ же рисункѣ видны проложенные рельсы для передвиженія вагончиковъ съ матеріалами. Въ срединѣ опирается на руки рабочій, возвращающійся съ фонарикомъ на груди изъ наклонной дальше выработки въ рудничный дворъ; катушка предъ нимъ направляетъ канатъ, съ помощью котораго совершается передвиженіе вагонетокъ (механическая откатка) паровой или электрической силой; на стѣнахъ укрѣпленными видны электрическіе провода, проволочки для сигналовъ или телефона. Слѣва лежитъ труба: въ однихъ случаяхъ она отводитъ воду, въ другихъ подаетъ сжатый воздухъ къ работающимъ нѣкоторымъ машинамъ внутри рудника.

Крѣпленіе шахтъ имѣетъ много общаго съ вышеприведенными крѣпленіями штековъ и другихъ горныхъ выработокъ. Шахту можно разсматривать, какъ большой шурфъ, съ крѣпленіемъ котораго мы выше болѣе или менѣе подробно познакомились. Употребивъ въ дѣло болѣе толстое дерево и соотвѣтствующихъ размѣровъ, мы будемъ имѣть крѣпленіе шахты *сплошной срубовой крѣпью*. Шахта, какъ и шурфъ, крѣпится отдѣльными звеньями и въ такой же послѣдовательности въ работѣ при ея возведеніи. Въ породахъ сыпучихъ (какъ пески и др.) предварительно закрѣпляютъ выработку, а потомъ уже вынимаютъ породу (проходятъ ее).

При шахтахъ круглаго поперечнаго сѣченія, проходимыхъ въ породахъ неустойчивыхъ, оказывающихъ сильное давленіе на проводимое крѣпленіе выработокъ, примѣняется чаще крѣпленіе камнемъ, а за послѣднее время и желѣзомъ. Пространство между кладкой и стѣнками шахты заполняются кусками измельченной породы или заливаются цементомъ.

Весь добытый матеріалъ въ мѣстахъ непосредственной добычи полезнаго ископаемаго («*въ забояхъ*») необходимо поднять на поверхность и доставить по мѣсту назначенія къ заводу, къ желѣзнодорожной линіи для погрузки въ вагонъ и т. д. Доставка извлеченныхъ изъ нѣдръ земли полезныхъ ископаемыхъ требуетъ

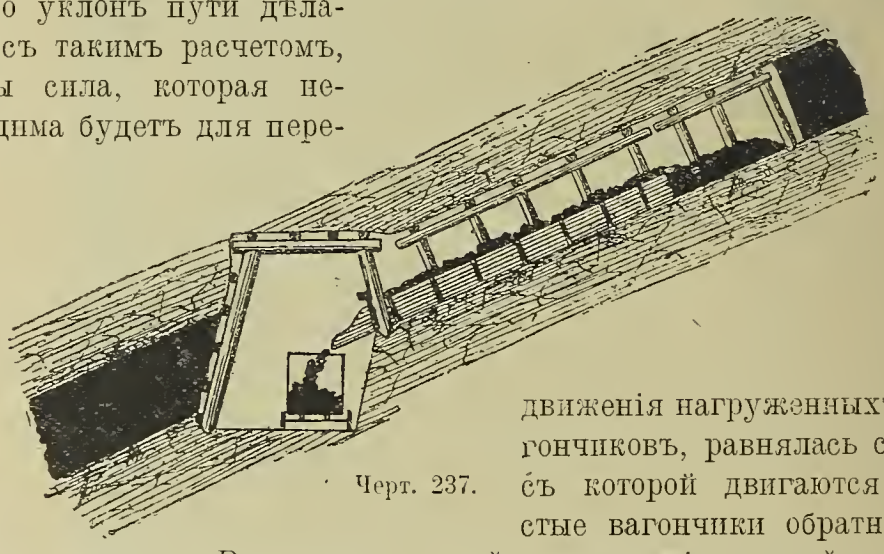
значительныхъ расходовъ и является одной изъ самыхъ крупныхъ статей среди общихъ расходовъ по добычѣ, въ особенности, когда добывается ископаемое невысокой сравнительно цѣнности; отсюда станетъ понятнымъ стремленіе всѣхъ болѣе крупныхъ предпріятій примѣнить здѣсь механическую силу—силу пара, электричества. Конечно, при очень узкихъ выработкахъ, особенно вблизи



Черт. 236. Крѣпь дверными окладами.

забоевъ приходится примѣнять болѣе простые способы доставки. Такъ, на югѣ Россіи, при пологопадающихъ пластахъ каменнаго угля, примѣняются такъ называемыя волокуши; это прямоугольные ящики, сверху открытые; ихъ длинныя стѣнки выдаются нѣсколько подъ дно ящика и служатъ полозьями: нижнее ребро обивается для большаго скольженія по почвѣ желѣзомъ. Работой за этими волокушами заняты, такъ называемые, «саночники»,

«откатчики», которые таскаютъ ихъ за веревки, прицѣпляя послѣднія къ себѣ, къ поясу. Доставленный къ штреку уголь, руда обыкновенно нагружаются въ небольшіе вагончики (вагонетки), которые потомъ передвигаются по рельсовому, чаще узкоколейному пути дальше рабочими, лошадьми или механической силой. При болѣе крутомъ паденіи пластовъ пользуются послѣднимъ для доставки добытаго матеріала къ нижележащему штреку и продольной. Дѣлаютъ по паденію пласта, такъ называемый, *скатъ;* при небольшомъ паденіи дно его устилаютъ кровельнымъ желѣзомъ, чтобы облегчить скатываніе по немъ матеріала. Изъ этого ската матеріалъ попадаетъ въ продольный прямо въ вагонетку (черт. 237). Нижній конецъ ската — устье, чаще устраивается съ закрывающимися дверцами. При укладкѣ путей въ продольныхъ дѣлаютъ уклонъ къ шахтѣ съ той цѣлью, чтобы легче было гнать нагруженные вагончики и, вмѣстѣ съ тѣмъ, облегчить къ шахтѣ стокъ воды, собирающейся изъ всѣхъ выработокъ рудника. Нерѣдко уклонъ пути дѣлаютъ съ такимъ расчетомъ, чтобы сила, которая необходима будетъ для передвиженія нагруженныхъ вагончиковъ, равнялась силѣ, съ которой двигаются пустые вагончики обратно къ мѣсту нагрузки. Въ этомъ случаѣ напряженіе человѣка, лошади, машины, поставленныхъ на эту работу, за все время будетъ одно и то же. Такой путь и называютъ путемъ *равнаго сопротивленія*. При большихъ выработкахъ онъ находитъ себѣ самое широкое примѣненіе. При откаткѣ людьми на небольшихъ разстояніяхъ и хорошемъ состояніи путей, пользуются *уклономъ равновѣсія;* при этомъ уклонѣ достаточно сдвинуть съ мѣста груженый вагончикъ, чтобы онъ силой своей тяжести двигался дальше до самой шахты.

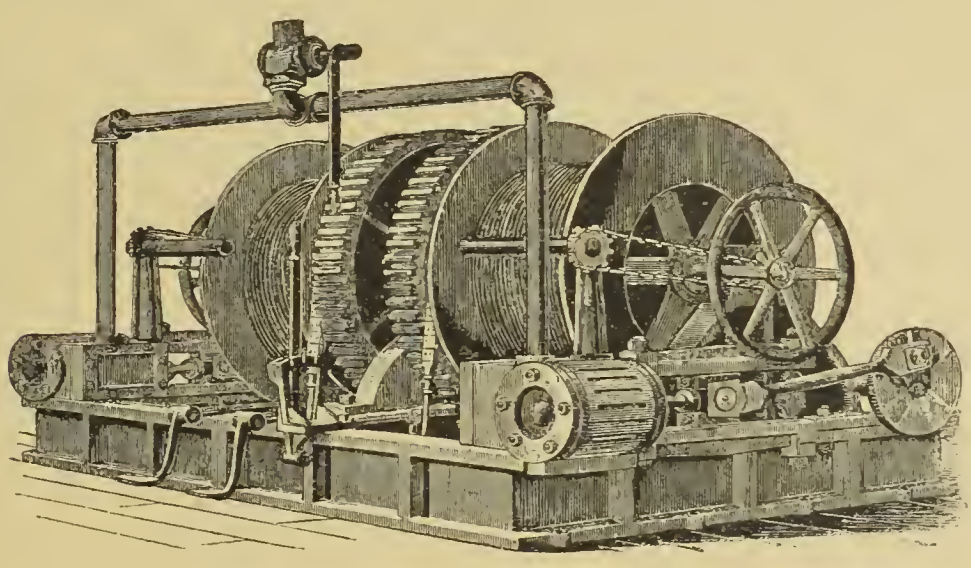


Черт. 237.

Для движенія вагончиковъ укладываются на шпалахъ обыкновенной формы рельсы, но иногда вмѣсто рельсъ ради дешевизны укладываются деревянные брусья или полосовое желѣзо. Вагонетки для откатки дѣлаются деревянныя или желѣзныя.

При откаткѣ лошадьми сцѣпляютъ такихъ вагончиковъ по 8—10 штукъ помощью очень короткихъ цѣпей съ крюками или скобами.

Въ болѣе крупныхъ предпріятіяхъ примѣняется механическая сила. Съ этой цѣлью пользуются локомотивами, работающими сжатымъ воздухомъ или электричествомъ; чаще въ рудникѣ устанавливается неподвижная машина (паровая, электрическая), которая двигаетъ безконечный канатъ (черт. 238), съ одного конца навивающійся нѣсколько разъ, во избѣжаніе скольженія, на барабаны машины (черт. 239), а на другомъ концѣ огибающій концевой шкивъ. Такая откатка, гдѣ не примѣняется живая сила людей или лошадей, и называется механической.

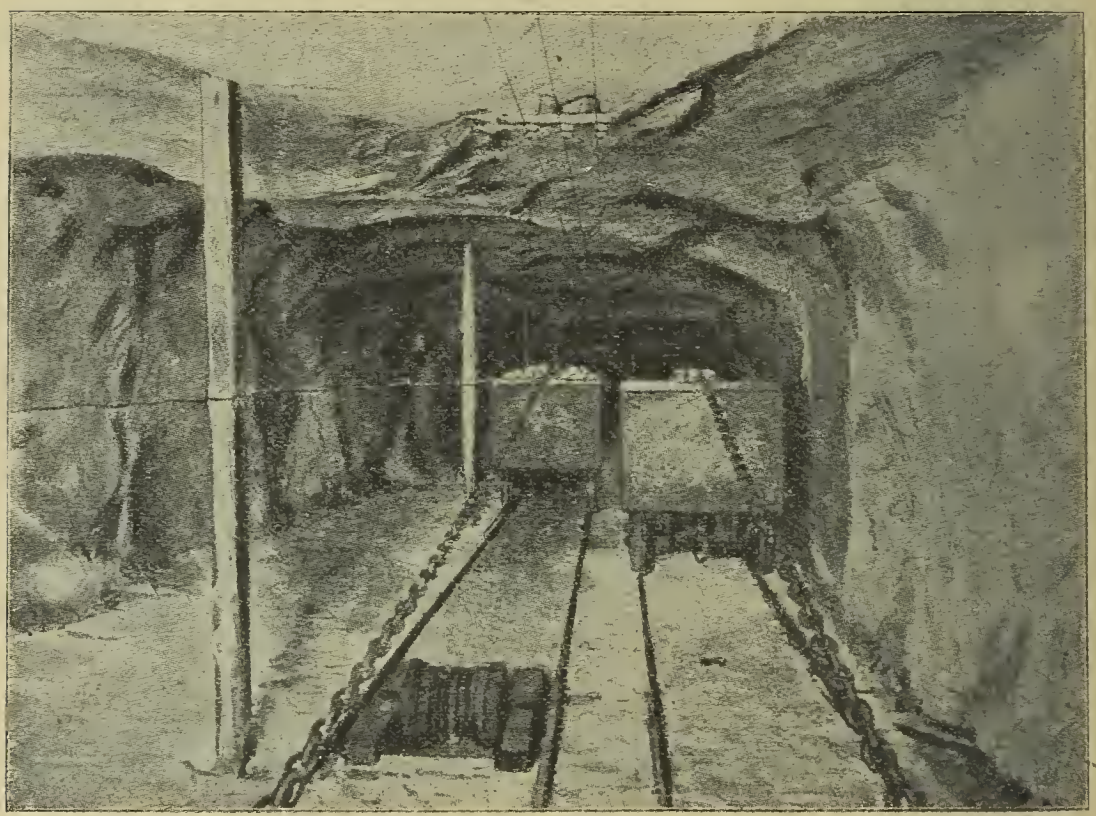


Черт. 238. Барабаны для навиванія каната.

Доставленный въ вагонеткахъ матеріалъ къ шахтѣ (иногда говорятъ «къ стволу») устанавливаютъ въ *клѣтяхъ* (черт. 240). Подъемное отдѣленіе шахты дѣлится перегородкой на два отдѣленія; въ каждомъ изъ нихъ двигается (одна) клѣть; когда одна клѣть опускается въ шахту, другая поднимается; опускающаяся своей тяжестью до нѣкоторой степени уравновѣшиваетъ вѣсъ поднимаемой и тѣмъ облегчаетъ работу машины, которая совершаетъ этотъ подъемъ. Поднятая съ грузомъ наверхъ вагонетка, выкатывается изъ клѣти и на ея мѣсто вкатываютъ порожнюю; спустившаяся пустая внизъ шахты замѣняется нагруженной. Вагончикъ сверху прикрывается крышей клѣти, такъ какъ нерѣдко въ этой же клѣти спускаютъ рабочихъ, крыша и предохраняетъ послѣднихъ отъ паденія на нихъ сверху какихъ-либо предметовъ. Придѣланныя съ боковъ къ клѣти

полосы-реборды скользятъ при ея движеніи по «*направляющимъ*» брускамъ, полосамъ; самое названіе послѣднихъ указываетъ на ихъ назначеніе. Направляющія дѣлаются изъ дерева (чаще дуба), желѣза или изъ каната, онѣ прочно соединяются съ крѣпленіемъ шахты, а при каменной кладкѣ задѣлываются въ послѣднюю.

При плохомъ качествѣ канатовъ, къ которымъ прикрѣпляется клѣть, или невнимательномъ за ними уходѣ можетъ случиться разрывъ, и тогда клѣть рискуетъ полетѣть съ очень значитель-



Черт. 239. Канатная доставка вагончиковъ.

ной высоты, погубить людей, которые на этотъ разъ въ ней спускались, испортить направляющія—пріостановить тѣмъ работу рудника и т. д., — поэтому почти при всѣхъ клѣтяхъ имѣются приспособленія, которыя до нѣкоторой степени предохраняютъ клѣть отъ паденія въ случаѣ разрыва каната, такъ называемые парашюты. Вверху клѣти около ребордъ съ обѣихъ сторонъ ея имѣются кулачки, которые не касаются своими зазубренными краями направляющихъ до тѣхъ поръ, пока канатъ цѣлъ и натянутъ, но какъ только канатъ обрывается, пружины посредствомъ рычаговъ заставляютъ эти кулачки повернуться около

своихъ осей въ такое положеніе, при которомъ они врѣзываются въ направляющія и удерживаютъ тѣмъ клѣть отъ паденія. Канаты бываютъ органическіе (пеньковые, алойные) и металлическіе. Металлическіе канаты приготовляются изъ стальныхъ проволокъ, а въ средину канатовъ вводятся или пенька или мягкій металлъ (сердечникъ). Круглые маталлическіе канаты свиваются изъ отдѣльныхъ прядей тоненькихъ проволочекъ, завитыхъ въ ту же сторону, что и пряди (черт. 241). Канатъ, къ

Черт. 240. Прибытіе клѣти съ людьми къ рудничному двору.

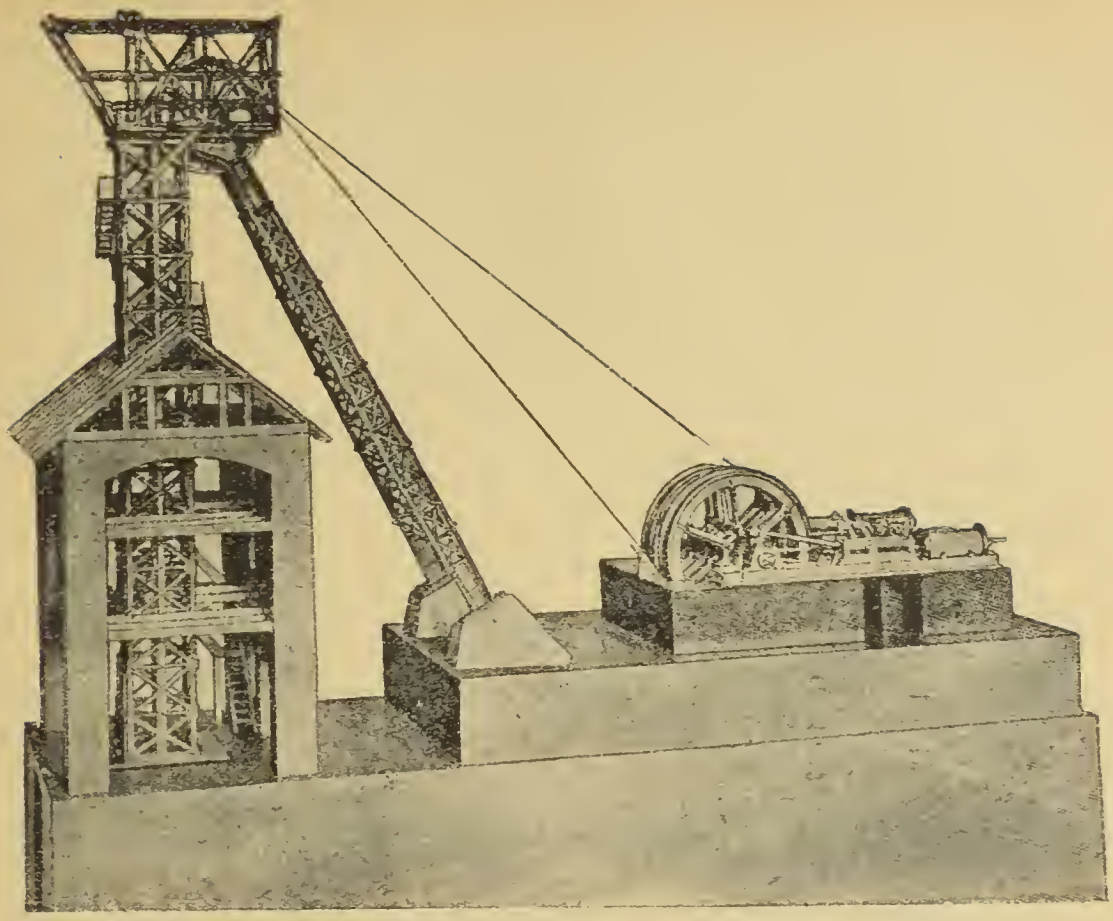
которому прицѣплены клѣти, проходитъ вверху надшахтнаго (стоящаго подъ шахтой) зданія черезъ шкивъ, переходитъ затѣмъ на барабанъ при машинѣ, приводящей все это устройство въ движеніе. Машинистъ, управляющій ею, помѣщается обыкновенно на такой высотѣ, чтобъ было видно ему устье шахты, гдѣ выкатываютъ и закатываютъ вагончики изъ клѣтей, а также и верхній шкивъ. При многихъ машинахъ имѣются даже указатели, по которымъ можно въ каждый моментъ опредѣлить, на какомъ горизонтѣ находятся спускающаяся и поднимающаяся клѣти. Общее расположеніе надшахтныхъ устройствъ — копра видно на черт. 242.

Поднятые наверхъ вагончики съ полезнымъ ископаемымъ откатываются дальше, обыкновенно въ ручную, по мѣсту назначенія, а пустая порода, которая получается при горныхъ работахъ параллельно съ полезнымъ ископаемымъ, иногда въ довольно значительномъ количествѣ, отвозится отъ шахты въ сторону и образуетъ здѣсь кучи, называемыя «отвалами». Для того, чтобы удобнѣе можно было производить вышеуказанное распредѣленіе всего добытаго чрезъ шахту матеріала, устраиваются отъ самаго устья шахты до отваловъ очень высокіе помосты — *эстакады* (рис. 243), а устье шахты дѣлается выше поверхности окружающей мѣстности.

Черт. 241. Канатъ.

Уже при такой небольшой горной выработкѣ, какъ шурфъ, отмѣчалось важное значеніе его провѣтриванія — вентиляціи, а при болѣе широко поставленныхъ горныхъ работахъ подъ землей вопросъ о правильно поставленной вентиляціи работъ является однимъ изъ самыхъ важныхъ вопросовъ въ горномъ дѣлѣ. Воздухъ становится вреднымъ для здоровья рабочихъ въ рудникахъ, потому что, во-первыхъ, кислородъ, израсходованный на дыханіе, не пополняется извнѣ самъ собой, и, во-вторыхъ, къ воздуху примѣшиваются рудничный (гремучій-взрывчатый) газъ, каменноугольная пыль, окись углерода, углекислота и др.; всѣ они являются вредными для человѣка въ бо́льшей или ме́ньшей степени; при 5—6% содержанія углекислоты, напримѣръ, воздухъ не годенъ для дыханія; при 1% окиси углерода (угаръ) воздухъ быстро дѣйствуетъ на легкія и кровь; сѣрнистый водородъ, который образуется отъ дѣйствія рудничной воды на колчеданы — является, помимо своей взрывчатости, крайне ядовитымъ для человѣка газомъ, даже при содержаніи 0,1% въ воздухѣ и т. д.

Съ цѣлью лучшаго использованія свѣжей, протекающей черезъ рудникъ, струи воздуха, ей даютъ опредѣленное направленіе: ставятъ двери передъ тѣми мѣстами, въ которыя струя должна попасть нѣсколько позднѣе, перегородки, трубы. Лучше всего, кромѣ того, поступающій въ выработки воздухъ раздѣлить въ началѣ его входа въ рудникъ на нѣсколько самостоятельныхъ струй. При нѣкоторыхъ благопріятныхъ условіяхъ, когда имѣется два выхода изъ рудника, расположенныхъ на различныхъ горизонтахъ, образуется тяга сама собой: естественная вентиляція; но чаще приходится прибѣгать къ искусственной вентиляціи и ставить вентиляторы.



Черт. 242. Надшахтное устройство.

Черт. 243. Эстакады.

Въ томъ случаѣ, когда данный рудникъ имѣетъ выходъ на дневную поверхность (въ видѣ штольни, напримѣръ), вопросъ объ отводѣ воды, даже обильно прибывающей изъ выработокъ, рѣшается очень просто. Но въ большинствѣ случаевъ объ отведеніи воды изъ рудника, о водоотливѣ приходится подумать. Съ этой цѣлью воду со всего рудника, если районъ работъ не особенно значителенъ, заставляютъ собраться въ зумпфъ шахты (самая нижняя часть); въ продольныхъ, квершлагахъ вода бѣжитъ по канавкамъ, иногда укрѣпленнымъ сбоку или посреднѣ подъ путями. Если же работы по размѣрамъ очень значительны, то стараются устроить водоемы на тѣхъ горизонтахъ, гдѣ имѣется болѣе сильный притокъ воды, не даютъ ей спускаться ниже, такъ какъ придется тогда снова поднимать ее наверхъ. При значительной глубинѣ воду поднимаютъ наверхъ, обыкновенно не сразу, а на промежуточныхъ горизонтахъ устанавливаютъ еще балки. За послѣднее время съ развитіемъ техники примѣняются для водоотлива паровыя машины; онѣ чаще устанавливаются подъ землей. Сюда же по трубамъ приводится паръ. Во избѣжаніе затопленія ихъ помѣщаютъ на нѣкоторой высотѣ надъ обычнымъ уровнемъ рудничныхъ водъ въ зумпфѣ, въ особыхъ камерахъ, обложенныхъ кирпичомъ на гидравлическомъ цементѣ.

Освѣщеніе рудника. Въ рудникахъ, не содержащихъ взрывчатыхъ газовъ, пользуются обыкновенными свѣчами или лампами самаго простого устройства, а иногда примѣняется и электричество. О предохранительныхъ лампахъ, которыми исключительно пользуются въ рудникахъ, богатыхъ газами, будетъ сказано въ главѣ о горючихъ матеріалахъ.

Предпославъ, такимъ образомъ, общія данныя о горномъ дѣлѣ, переходимъ къ обзору отдѣльныхъ мѣсторожденій полезныхъ ископаемыхъ, способовъ ихъ разработки и конечнаго извлеченія.

4. Добываніе благородныхъ металловъ.

Золото. Золото является однимъ изъ немногихъ благородныхъ металловъ, но и среди послѣднихъ оно замѣтно выдѣляется, благодаря исключительнымъ его свойствамъ. Оно характернаго густого желтаго цвѣта, сильно блестяще, очень мягко и очень тягуче. Удѣльный вѣсъ его равенъ 19,5, т.-е. оно въ 19,5 разъ тяжелѣе воды, взятой въ равномъ съ нимъ объемѣ, и, слѣдовательно, является однимъ изъ самыхъ тяжелыхъ металловъ, уступая въ этомъ отношеніи только платинѣ. На воздухѣ золото не

ржавѣетъ, такъ какъ непосредственно не соединяется съ кислородомъ: въ кислотахъ оно не растворяется и поддается лишь дѣйствію галоидовъ (хлора, брома, іода), особенно хлора, а также дѣйствію нѣкоторыхъ солей, какъ, напримѣръ, ціанистаго калія и сѣрноватисто-натріевой соли (гипосульфитъ фотографовъ). Въ виду вышесказаннаго становится понятнымъ, что въ природѣ золото встрѣчается почти исключительно въ самородномъ состояніи.

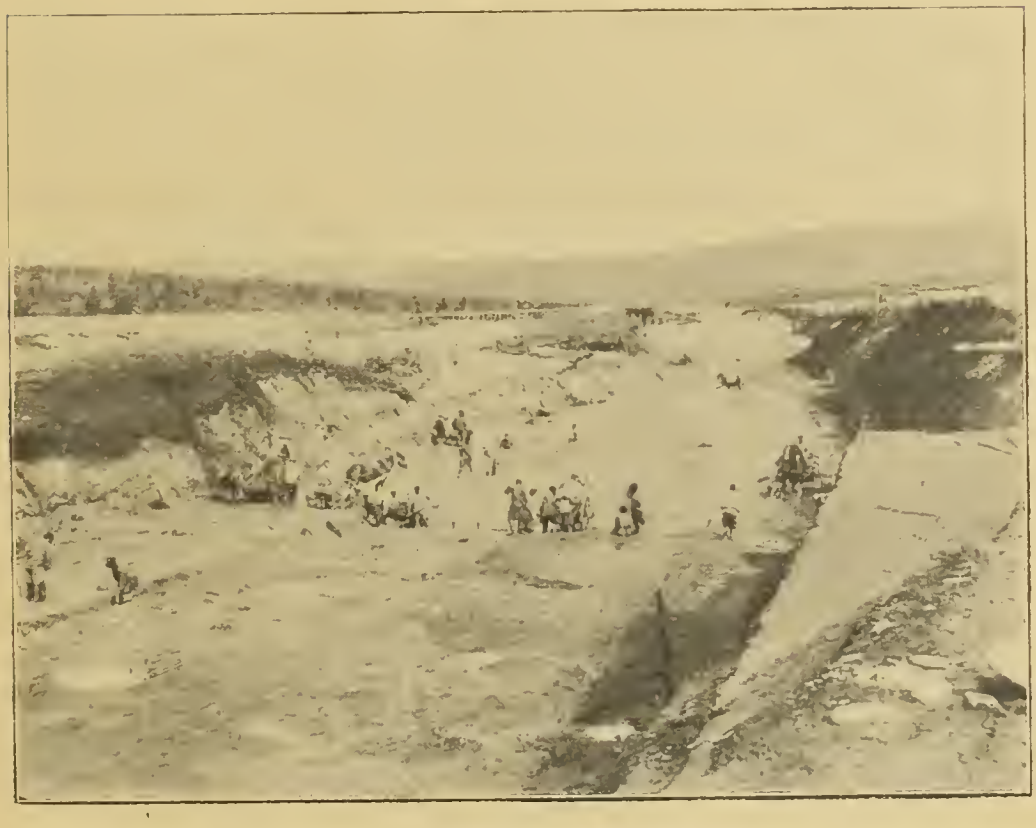
Распространено оно на земной поверхности во многихъ мѣстахъ, хотя и въ очень небольшихъ количествахъ. Среди мѣсторожденій золота различаютъ: коренныя и разсыпныя.

Коренными называются такія мѣсторожденія, гдѣ золото встрѣчено въ неразрушенныхъ горныхъ породахъ; оно заключалось въ этихъ породахъ и въ то время, когда онѣ выходили изъ нѣдръ земли въ расплавленномъ состояніи; кромѣ того, газы и горячія воды (термы), сопровождавшія вулканическія изверженія, также нерѣдко отлагали минеральныя массы, содержащія золото. *Разсыпныя* мѣсторожденія образовались, благодаря разрушенію коренныхъ породъ. Въ сплошныхъ мѣстахъ горныхъ породъ подъ вліяніемъ рѣзкихъ колебаній температуры появлялись трещины; въ эти трещины попадала вода и при своемъ замерзаніи разрывала сплошные массивы на мелкія части. Весной во время таянія снѣговъ или вообще въ то время, когда выпадаетъ большое количество атмосферныхъ осадковъ, вода переносила эти измельченныя части въ болѣе низкія мѣста и образовывала здѣсь изъ нихъ скопленіе болѣе тяжелыхъ частицъ, среди которыхъ садилось и золото. Такимъ образомъ и создавались въ природѣ золотоносныя розсыпи. Частички золота, какъ болѣе тяжелый матеріалъ, въ видѣ пластинокъ, чешуекъ, листочковъ, зеренъ, иногда достигающихъ значительной величины («*самородки*»), располагались ближе къ нижней поверхности розсыпи въ вымоинахъ, ямкахъ коренныхъ породъ: въ *постели розсыпи*, или *плотикъ*. Небольшое количество золота собирается въ «струѣ», въ участкахъ, параллельныхъ направленію теченія рѣки. Найденные самородки въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ достигаютъ значительной величины. Такъ, въ южномъ Уралѣ, въ Царево-Александровской дачѣ встрѣченъ самородокъ, который вѣсилъ 2 п. 7 ф. 92 зол.; въ Австралійской колоніи, Викторіи, еще больше — въ 6 п. 8 ф. Нахожденіе такихъ крупныхъ самородковъ заставляетъ давать происхожденію розсыпей и нѣсколько болѣе сложное объясненіе. Помимо простого разрушенія коренныхъ мѣсторожденій золота, происходило еще и раствореніе его, затѣмъ возстановленіе до самороднаго состоянія и новое отложеніе около первыхъ осѣвшихъ частичекъ. Подавляющее большинство розсыпей образовалось за послѣдній періодъ исторіи земли и лишь въ

нѣкоторыхъ мѣстахъ встрѣчены розсыпи, относящіяся къ очень древнему періоду жизни земли.

Разработка розсыпей является дѣломъ несравненно болѣе простымъ, болѣе легкимъ; здѣсь сама природа собрала золото, разсѣянное прежде въ горныхъ породахъ на значительномъ пространствѣ; разрушивъ послѣднія въ отдѣльныхъ пунктахъ въ значительномъ количествѣ, она «обогатила» данное мѣсторожденіе. Наиболѣе простымъ изъ горныхъ работъ по извлеченію золота изъ розсыпей является промывка золотосодержащей розсыпи на промышленномъ станкѣ, представляющемъ собою, какъ видно на черт. 244, наклонный, сдѣланный изъ досокъ шлюзъ, снабженный бортиками. Работа на станкѣ производится слѣдующимъ образомъ: изъ запрудки по шлюзу пускаютъ воду, а золотоносный песокъ высыпаютъ на переднюю, ближайшую къ запрудѣ, часть станка. Песокъ разбиваютъ особыми гребенками и желѣзными лопатами. Протекающая по станку вода выноситъ изъ ила массы песка и пустой породы; золото же и частички тяжелыхъ минераловъ, какъ-то: магнитнаго желѣзняка, желѣзнаго блеска и др., остаются предъ деревянными перегородками или впадинами (карманами), сдѣланными въ днѣ станка. Матеріалъ, оставшійся на станкѣ, называется *шлихомъ*. Крупное золото — самородки изъ шлиха извлекаютъ непосредственно руками, а мелкое золото улавливаютъ ртутью, которая, соединяясь съ золотомъ, даетъ золотую *амальгаму*. Уже самое происхожденіе розсыпей говоритъ за то, что розсыпи можно встрѣтить (что, дѣйствительно, и бываетъ) въ руслахъ современныхъ или когда-то существовавшихъ рѣчекъ. Въ послѣднемъ случаѣ сразу приступаютъ къ ихъ разработкѣ, но чаще приходится предварительно отвести въ сторону протекающій ручей или рѣчку. На черт. 245 изображены работы на одномъ изъ пріисковъ. Вначалѣ вдоль разрабатываемой долины обыкновенно проводятъ центральную канаву, а иногда и побочныя, поперекъ розсыпи, для того, чтобы понизить уровень почвенныхъ водъ. Снимаютъ затѣмъ верхніе слои, лежащіе надъ пластомъ, содержащимъ золото (золотоноснымъ). Пласты эти состоятъ чаще изъ различныхъ глинъ, песковъ и только иногда изъ торфа и называются *торфами*. Особенной системы въ «съемкѣ торфовъ» не существуетъ; отвозятъ ихъ въ тачкахъ, таратайкахъ, телѣжкахъ въ сторону (въ отвалы), гдѣ по предварительнымъ изслѣдованіямъ не должно быть золото. Снявъ торфъ, начинаютъ добывать золотоносные пески. Обыкновенно эту работу ведутъ впередъ и вверхъ по долинѣ, образуя рядъ уступовъ. Извлеченный такимъ образомъ матеріалъ поступаетъ на золотопромывальную машину, которая на рисункѣ видна вдали

Черт. 244. Промывка песковъ старателями.



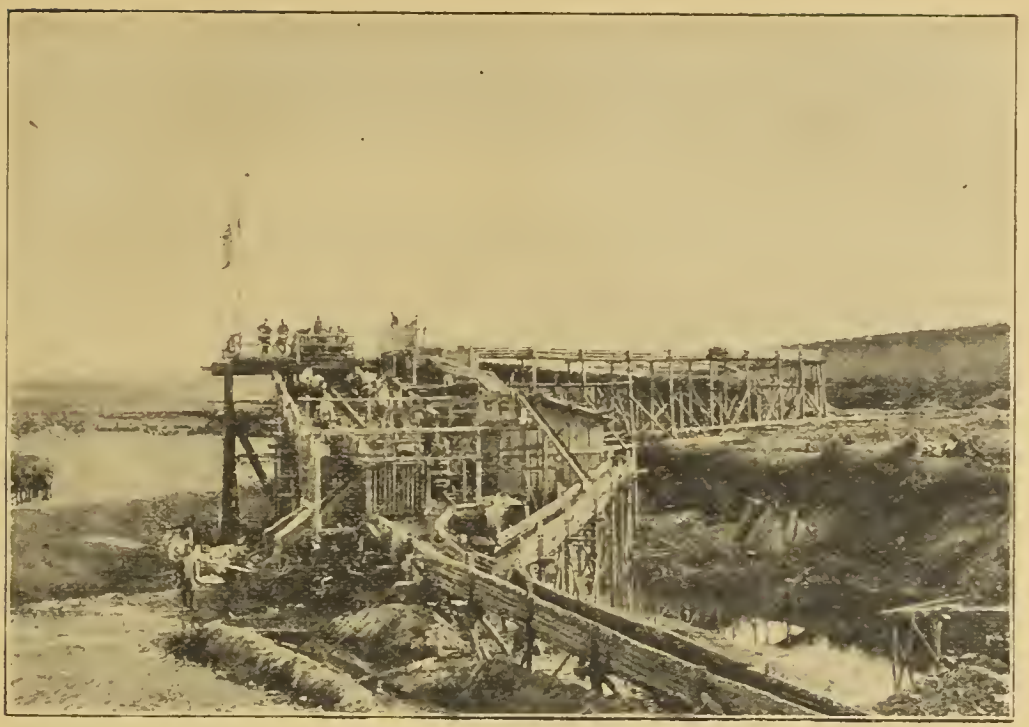
Черт. 245. Работы на Лебединомъ пріискѣ.

на горизонтѣ. По своему устройству золотопромывальныя машины напоминаютъ въ большей или меньшей степени выше описанный станокъ. На черт. 246 изображена золотопромывальная машина, предложенная горнымъ инженеромъ Кулибинымъ и называемая поэтому *«кулибинкой»*. Она представляетъ цѣлую систему длинныхъ шлюзовъ («плоскостей»), дающихъ возможность очень хорошо улавливать золото. Примѣняютъ на Уралѣ и въ Сибири также бочки и чаши. *Бочки* дѣлаются изъ толстаго листового желѣза съ отверстіями. Внутри ея укрѣпляется ось, а на внутренней поверхности стальные стержни, которые при вращеніи бочки разрыхляютъ поступающую сюда массу илистаго песку. Въ чашѣ растираніе глинистой массы производится помощью ряда вертикальныхъ стержней, скользящихъ по рѣшетчатому дну; непрерывно поступающая въ чашу вода размываетъ растертый матеріалъ и уноситъ его черезъ отверстія рѣшетки на шлюзъ. Въ послѣднее время для разработки розсыпей, особенно бѣдныхъ (около 10 долей на 100 пуд. породы), стали примѣнять *драги*, которыя по своему устройству много имѣютъ общаго съ землечерпательными машинами, углубляющими русла мелѣющихъ рѣкъ. Главной ихъ частью является рядъ ковшей на безконечной вращающейся цѣпи (черт. 247); поднятый матеріалъ поступаетъ въ бочку или чашу, изъ которыхъ проходитъ дальше рядъ шлюзовъ (черт. 248); галька и крупный песокъ изъ бочки, чаши и нѣкоторыхъ шлюзовъ относится двигающимся сзади безконечнымъ полотномъ (элеваторомъ) въ сторону, а золото остается на шлюзахъ.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Сибири, а особенно въ Сѣверной Америкѣ, примѣняется *гидравлическій способъ* разработки розсыпей; онъ заключается въ томъ, что съ высокихъ сосѣднихъ горъ проводится вода; она, направляясь подъ сильнымъ напоромъ на рыхлыя массы розсыпей, разбиваетъ и промываетъ ихъ на мѣстѣ, устраняя добычу, откатку и сложныя промывныя устройства, а слѣдовательно, въ значительной степени удешевляя производство.

Разработка рудныхъ мѣсторожденій является дѣломъ гораздо болѣе труднымъ. При разработкѣ жилъ приходится имѣть дѣло съ твердыми горными породами и въ широкомъ масштабѣ пользоваться порохострѣльными работами. Добытая руда измельчается или подъ бѣгунами, или въ толчеяхъ. Измельченная до порошкообразнаго состоянія масса поступаетъ, аналогично предыдущему случаю, на шлюза, промывается здѣсь водой и улавливается ртутью (см. металлургію).

Переходимъ къ описанію мѣсторожденій золота въ Россіи. Золотопромышленность здѣсь развита на Уралѣ, главнымъ обра-



Черт. 246. Золотопромывальная машина— кулибинка .

Черт. 247. Шуваловская драга.

зомъ, по восточному склону, въ западной и восточной Сибири и другихъ мѣстностяхъ. На Уралѣ впервые было открыто жильное золото въ 1747 году близъ озера Шарташъ, около Екатеринбурга (нынѣшнее Березовское мѣсторожденіе). Въ 1799 году открываютъ жильное золото въ Троицкомъ уѣздѣ, Оренбургской губерніи, въ Міасской дачѣ. Позже было открыто разсыпное золото, сначала около гор. Екатеринбурга въ 1814 г. и въ 1823 г. въ Міасской дачѣ. Съ этого времени быстрыми шагами впередъ начинаетъ расти золотопромышленность. Кромѣ свободнаго золота, встрѣчаются здѣсь и сѣрнистыя соединенія его въ мышьяковомъ и сѣрномъ колчеданахъ. Происхожденіе этихъ мѣсторожденій золота, встрѣченныхъ въ различныхъ горныхъ породахъ, объясняется такъ: горячіе источники (термы) въ далекое отъ насъ время вынесли золото изъ глубины земли и заполнили всѣ трещины, которыя образовались вслѣдствіе горообразовательныхъ процессовъ, совершавшихся здѣсь. Сходныя по происхожденію съ этими мѣсторожденіями золота встрѣчены въ сѣверномъ Уралѣ, Богословскаго округа, въ Азіатской Россіи, въ Акмолинской области, Кокчетавскомъ уѣздѣ, Семипалатинской области, Маріинскомъ, Енисейскомъ, Нерчинскомъ округахъ, въ Забайкальской области и другихъ мѣстностяхъ.

Кавказъ и остальная Европа сравнительно бѣдны золотомъ. Въ Америкѣ особенно богаты золотомъ Калифорнія и Невада. Богата жильнымъ и розсыпнымъ золотомъ вся Австралія; Африка особенно славится богатствами золота близъ Витватерсранда, гдѣ золото встрѣчается среди конгломератовъ, такъ называются скопленія закругленныхъ обломковъ различныхъ породъ, соединенныхъ постороннимъ веществомъ въ общую массу. Находятъ золото и въ остальной Азіи, кромѣ Сибири.

Платина. Болѣе 90% ежегодной міровой добычи платины падаетъ на Уральскія мѣсторожденія. Платина — металлъ стальносѣраго цвѣта, обладаетъ очень тяжелымъ вѣсомъ, высокой тугоплавкостью (она способна выдерживать очень высокія температуры, оставаясь въ твердомъ состояніи) и не поддается разъѣдающему дѣйствію самыхъ сильныхъ кислотъ, благодаря чему, она является незамѣнимымъ матеріаломъ для многихъ аппаратовъ, употребляемыхъ въ химической промышленности и лабораторіяхъ. Въ природѣ встрѣчается чаще въ видѣ листочковъ, чешуекъ, зернышекъ, болѣе или менѣе крупныхъ самородковъ, аналогичныхъ золотымъ. Но самородки платины несравненно меньше золотыхъ; на пріискахъ Демидова, близъ Нижняго Тагила, на Уралѣ былъ найденъ самый большой самородокъ въ 23 фун. 48 зол. Платина добытая никогда почти не бываетъ чистой; изъ примѣсей, ее со-

провождающихъ чаще другихъ, у насъ, на Уралѣ, встрѣчается желѣзо, иногда въ количествѣ до 10%. Вся платина извлекается изъ розсыпей, которыя образовались такъ же, какъ и золотыя розсыпи. Платина на Уралѣ была открыта въ 1819 году въ золотыхъ розсыпяхъ Верхъ-Исетскихъ заводовъ; но добывать ее стали лишь послѣ того, какъ узнали свойства ея и натолкнулись въ 1824 г. въ окрестностяхъ Нижне-Тагильскихъ заводовъ Демидова на большую платиновую розсыпь. Разработка мѣсторожденій платины ничѣмъ не отличается отъ описанныхъ выше по золоту:

Черт. 248. Драга на платиновомъ пріискѣ.

тѣ же чаши, бочки, драги и т. д. Кромѣ Тагильскаго округа платина встрѣчена и разрабатывается по рр. Ису и Турѣ, во многихъ золотыхъ розсыпяхъ Урала, Сибири, особенно Енисейскаго горнаго округа.

Серебро. Серебро встрѣчается въ самородномъ состояніи, въ видѣ проволочекъ, волосковъ, листочковъ, чешуекъ и неправильныхъ зеренъ, кусковъ — самородковъ. Самородки съ поверхности обыкновенно покрываются чернымъ и бурымъ налетомъ — называемымъ побѣжалостью. Значительно чаще серебро встрѣчается вмѣстѣ съ золотомъ (до 40%), мѣдью (до 10%). Большая часть серебра, извлекаемаго въ настоящее время, получается изъ свинцовой руды,

свинцоваго блеска, который содержитъ серебра отъ 0,01 до 0,3%. Среди Россійскихъ мѣсторожденій извѣстны Зыряновскій и Змѣиногорскій рудники на Алтаѣ. Внѣ Россіи наибольшія количества серебра поставляетъ на міровой рынокъ Мексика, Сѣверо-Американскіе Соединенные Штаты.

5. Добываніе мѣдныхъ и желѣзныхъ рудъ.

Мѣдь. Послѣ желѣза, мѣдь является однимъ изъ самыхъ необходимыхъ для человѣка металловъ. Встрѣчается мѣдь подобно вышеприведеннымъ металламъ, и въ самородномъ видѣ, но сравнительно рѣдко. Изъ такихъ мѣсторожденій слѣдуетъ отмѣтить мѣсторожденія въ окрестностяхъ Верхняго озера, въ штатѣ Мичиганъ, Сѣверной Америки. Мѣдными рудами чаще являются: мѣдный колчеданъ (халькопиритъ) *($CuFeS_2$)*, пестрая мѣдная руда (борнитъ) болѣе сложнаго состава *($3Cu_2S + Fe_2S_3$)*; мѣдный блескъ *Cu_2S* является одной изъ самыхъ богатыхъ мѣдныхъ рудъ. Малахитъ представляетъ, въ химическомъ отношеніи, смѣсь углекислой соли мѣди съ водной ея окисью *($CuCO_3 + Cu\ (OH)_2$)* и встрѣчается очень часто въ поверхностныхъ слояхъ почти всѣхъ мѣдныхъ мѣсторожденій; но чаще (особенно плотныя, а не землистыя разновидности) являются не рудой, а употребляются въ качествѣ облицовочнаго матеріала, на мелкія издѣлія и т. п.

Мѣдныя руды встрѣчаются среди діоритовъ, діабазовъ, мелафировъ и др. основныхъ породъ. Среди мѣсторожденій мѣдныхъ рудъ различаютъ 4 группы: 1) мѣсторожденія въ видѣ включеній въ породу, 2) контактовыя, 3) жильныя и 4) осадочныя. Мѣсторожденій первой группы встрѣчено очень мало и въ очень рѣдкихъ случаяхъ онѣ представляются мѣсторожденіями, выгодными для разработки. Мѣсторожденія второй группы — контактовыя — характеризуются тѣмъ, что мѣдь—ея руды—располагаются или непосредственно, или вблизи (въ контактѣ—откуда и названіе) отъ той горной породы, съ которой онѣ вышли изъ земныхъ глубинъ. Два крупныхъ уральскихъ мѣсторожденія мѣдныхъ рудъ—Мѣднорудянское, близъ горы Высокой, около Нижняго Тагила и Богословскій горный округъ—относятся именно къ этой группѣ мѣсторожденій.

Третья группа мѣсторожденій мѣди представляетъ изъ себя жилы, состоящія, въ большинствѣ случаевъ, изъ мѣднаго колчедана, сопровождаемаго кварцемъ. Очень много мѣсторожденій мѣди, въ настоящее время разрабатываемыхъ, относятся къ этой группѣ. Четвертая группа осадочныхъ мѣсторожденій мѣди залегаетъ обыкновенно очень близко къ поверхности, представляетъ

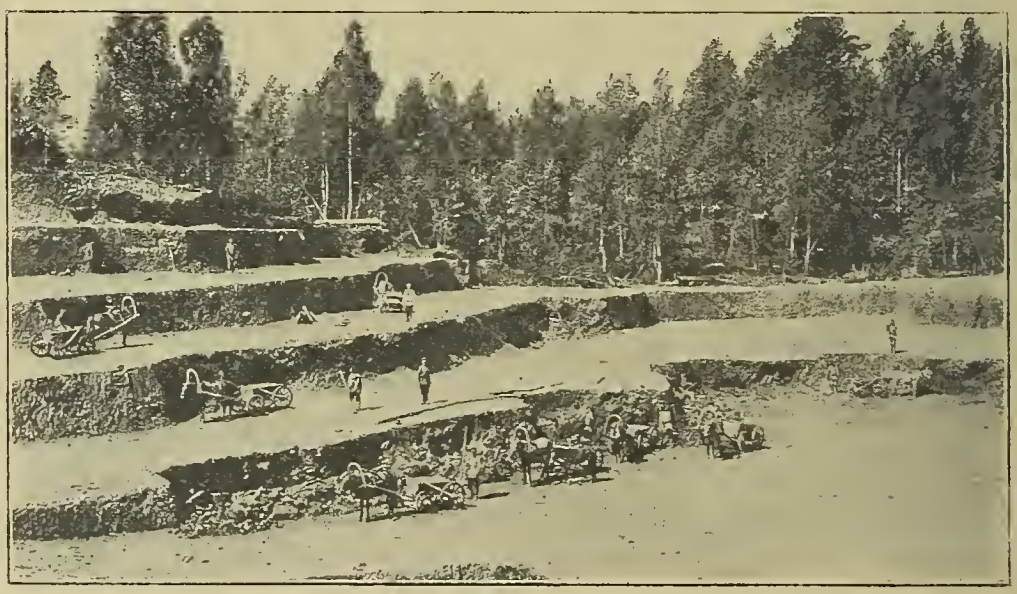
значительный запасъ матеріала однороднаго почти состава и, благодаря этому, очень выгоднаго для разработокъ. Въ предѣлахъ Пріуралья, въ Оренбургской, Уфимской и Пермской губерніяхъ эта группа мѣсторожденій мѣди пользуется значительнымъ распространеніемъ. Сѣрые песчаники (относимые къ пермской системѣ) проникнуты здѣсь землистымъ малахитомъ. Несмотря на сравнительно невысокое содержаніе мѣди, эти руды долгое время разрабатывались усиленно. Вообще надо замѣтить, что мѣдныя руды Урала не отличаются высокимъ содержаніемъ въ нихъ мѣди. Болѣе богатыми являются руды Кавказа, Сибири. Къ осадочнымъ же мѣсторожденіямъ мѣди относятся мансфельдскіе мѣдистые сланцы въ Саксоніи.

Мѣдь изъ рудъ извлекается двумя способами: огненной плавкой или мокрымъ путемъ (см. отд. химическая технологія — мѣдь).

Желѣзо. Желѣзо является металломъ, имѣющимъ очень важное значеніе въ жизни человѣчества. Желѣзныя дороги, паровозы, пароходы, заводскія, сельско-хозяйственныя, печатныя и др. машины, многіе предметы домашняго обихода — все это краснорѣчиво указываетъ, насколько широка область примѣненія желѣза человѣкомъ. Человѣкъ, слѣдовательно, нуждается особенно въ желѣзѣ, и эта нужда въ немъ выражается въ цифрахъ, измѣряющихъ количество извлеченныхъ желѣзныхъ рудъ. Оказывается, что желѣза добываетъ человѣкъ въ 30 слишкомъ разъ больше, чѣмъ всѣхъ остальныхъ металловъ взятыхъ вмѣстѣ.

Желѣзо въ природѣ встрѣчается въ различныхъ соединеніяхъ, изъ которыхъ особеннаго вниманія заслуживаютъ кислородныя соединенія, такъ какъ, главнымъ образомъ, изъ нихъ извлекается чугунъ, сталь, желѣзо. Магнитный желѣзнякъ $(Fe_2O_3 + FeO)$, желѣзный блескъ — красный желѣзнякъ (Fe_2O_3) и бурый желѣзнякъ $(2Fe_2O_3 + 3H_2O)$ — являются главными рудами на желѣзо. Магнитный желѣзнякъ по химическому составу представляетъ закись окись желѣза, содержащую 72,41% желѣза и 27,59% кислорода. Магнитныя свойства этого матеріала являются очень характернымъ для него признакомъ; встрѣчается онъ въ природѣ въ видѣ громадныхъ штоковъ, жилъ, чаще среди сложныхъ кристаллическихъ породъ. Магнитный желѣзнякъ по чистотѣ и по богатству желѣзомъ является самой лучшей рудой. Желѣзный блескъ и красный желѣзнякъ представляютъ окись желѣза, содержащую 70% желѣза и 30% кислорода; отличаются они другъ отъ друга тѣмъ, что первый обладаетъ кристаллическимъ состояніемъ, въ то время, какъ второй представляетъ плотныя разновидности, гдѣ кристаллическое состояніе скрыто, неразличимо невооруженнымъ глазомъ. Бурый желѣз-

някъ состоитъ изъ водной окиси желѣза съ 85,6% окиси желѣза и 14,4% воды. Онъ представляетъ плотную или землистую массу, залегающую въ природѣ въ видѣ ряда гнѣздъ, пластовъ среди осадочныхъ горныхъ породъ. Между мѣсторожденіями желѣзныхъ рудъ въ Россіи Уралъ и Югъ Россіи занимаютъ видное мѣсто. Уралъ, въ особенности, по богатству запасовъ желѣзныхъ рудъ пользуется вполнѣ заслуженной славой. Его запасы прямо-таки неистощимы. Въ отдѣльныхъ мѣстахъ возвышаются цѣлыя горы, почти сплошь сложенныя изъ желѣзныхъ рудъ. Образованіе ихъ объясняютъ такимъ образомъ: желѣзо, заключавшееся въ вышедшей изъ нѣдръ земли расплавленной массѣ, выдѣлилось затѣмъ изъ этой массы и собралось въ отдѣльныхъ мѣстахъ въ видѣ



Черт. 249. Разработка желѣзныхъ рудъ уступами.

значительныхъ скопленій. Гора Благодать находится вблизи Кушвинскаго завода въ среднемъ Уралѣ; она сложена, главнымъ образомъ, изъ гранато-эпидотовой породы и ортоклазоваго порфира (изверж. породы), среди которыхъ и встрѣчены штоки и пропластки магнитнаго желѣзняка; послѣдній выходитъ на вершинѣ горы на ея восточной сторонѣ. Желѣзныя руды разрабатываются открытыми, такъ называемыми разносными работами, изображенными на черт. 249, въ видѣ ряда уступовъ. На югѣ Россіи богатыя мѣсторожденія желѣзныхъ рудъ находятся въ окрестностяхъ Кривого Рога по берегамъ рр. Саксагани и Ингульца, въ Херсонской и Екатеринославской губерніяхъ. Мѣстность эта сложена изъ очень древнихъ (архейскихъ) горныхъ породъ (гнейсовъ, гранитовъ и др.), сверху прикрытыхъ болѣе юными, третичными

отложеніями. Область эта въ прошломъ подвергалась значительному давленію, результатомъ котораго явилось образованіе складокъ и очень сложныхъ измѣненій въ самыхъ породахъ. Кромѣ этихъ крупныхъ мѣсторожденій, слѣдуетъ упомянуть Подмосковный районъ съ бурыми желѣзняками, Царство Польское, Финляндію, Сибирскія мѣсторожденія: Абаканское, Ирбинское Енисейской губ., Балегинское въ хребтѣ Цаганъ Дабанъ, близъ Петровскаго завода въ Забайкальской обл., и много другихъ.

6. Добываніе свинцовыхъ и другихъ рудъ.

Свинецъ. Свинецъ обладаетъ очень хорошей ковкостью и сравнительно хорошо противостоитъ разъѣдающему дѣйствію кислотъ, почему, между прочимъ, находитъ себѣ широкое примѣненіе во многихъ химическихъ производствахъ. Рудой на свинецъ является скопленіе минерала свинцоваго блеска (сѣрнистаго свинца), встрѣчающагося въ природѣ очень часто. Нерѣдко онъ содержитъ и серебро и тогда является одновременно рудой на серебро и свинецъ. Свинцовый блескъ залегаетъ часто въ кварцевыхъ жилахъ среди древнихъ кристаллическихъ породъ, особенно гранита, а также и въ осадочныхъ породахъ. Въ Россіи особенно богатъ свинцово-серебряными рудами Кавказъ, Алтай, Нерчинскій округъ. Внѣ Россіи слѣдуетъ отмѣтить богатыя мѣсторожденія Испаніи, Германіи (Гранъ, Саксонія), Сѣверо-Американскихъ Соед. Штатовъ и Англіи (см. отд. химическая технологія — свинецъ).

Цинкъ. Одной изъ важнѣйшихъ цинковыхъ рудъ, пользующихся къ тому же значительнымъ распространеніемъ въ природѣ, является цинковая обманка *(ZnS)* — сѣрнистое соединеніе цинка. Встрѣчается часто вмѣстѣ съ свинцовымъ блескомъ; и по условіямъ образованія, и по мѣсторожденію имѣетъ много общаго съ послѣдними. Въ Россіи встрѣчается въ Полынѣ, во многихъ мѣстахъ на Кавказѣ, Финляндіи, Алтаѣ и др. мѣстахъ; разрабатывается же изъ этихъ мѣсторожденій лишь первыя — въ Польшѣ въ Кѣлецкой губ. Въ Западной Европѣ особенно богаты Селезія и Саксонія близъ Фрейберга (см. отд. химическая технологія — цинкъ).

Ртуть. Единственной ртутной рудой является киноварь *(HgS)* — сѣрнистое соединеніе ртути, встрѣчающееся въ очень немногихъ мѣстахъ; разрабатывается съ выгодой даже при содержаніи въ 0,25% металлической ртути. Въ нѣкоторыхъ горячихъ источникахъ Калифорніи и въ настоящее время образуется киноварь путемъ осажденія. Залежи ея въ природѣ встрѣчены въ видѣ

значительныхъ скопленій среди осадочныхъ породъ, а также и въ нѣкоторыхъ изверженныхъ породахъ. Чаще эти мѣсторожденія находятся въ такихъ областяхъ, гдѣ имѣютъ широкое распространеніе складки, сбросы и другія болѣе или менѣе сложныя перемѣщенія слоевъ, слагающихъ земную кору. Расплавленныя массы, поднявшись изъ глубинъ по образовавшимся здѣсь трещинамъ, вынесли и киноварь, которая была затѣмъ растворена горячими водами и отложилась въ окружающихъ, иногда удаленныхъ на значительное разстояніе, массахъ. Среди немногихъ мѣсторожденій киноварь разрабатывается въ Европейской Россіи близъ станціи Никитовка, Екатеринославской губ. Мѣсторожденіе это было открыто въ 1877 году и разрабатывалось до 1908 года. Руда встрѣчается среди песчаниковъ и кварцитовъ каменноугольной системы. Богаты рудой участки наиболѣе разрушенные — трещины среди куполовидныхъ складокъ, заполненныя обломками сосѣднихъ породъ; кромѣ того, киноварь встрѣчена еще въ значительномъ количествѣ на Кавказѣ, главнымъ образомъ, въ Дагестанской области. Внѣ Россіи киноварь встрѣчена въ Испаніи (Альмаденъ), Австріи (Идрія) и Калифорніи въ Сѣверной Америкѣ (въ прибрежной полосѣ) (см. отд. химическая технологія — ртуть).

Олово. Олово извлекается, главнымъ образомъ, изъ оловяннаго камня (SnO_2),—кислороднаго соединенія олова, которое встрѣчается чаще среди кислыхъ изверженныхъ породъ (гранитовъ, кварцевъ, порфировъ), заполняя трещины. Въ Россіи встрѣчается въ Нерчинскомъ округѣ по р. Онону (въ Заяблоньѣ) и Финляндіи. Внѣ Россіи особенно богаты оловомъ полуостровъ Малакка, острова Банка и Биллитонъ, Австралія, Южная Америка и др. Въ указанныхъ мѣсторожденіяхъ главная масса олова извлекается изъ розсыпей, аналогичныхъ по происхожденію съ золотыми (см. отд. химическая технологія—олово).

Сѣра. Сѣра находитъ себѣ примѣненіе при производствѣ каучука, приготовленіи сѣрной кислоты, пороха и т. д. Наиболѣе богатыя и лучшія по качеству залежи ея встрѣчены въ Сициліи, гдѣ онѣ разрабатываются съ глубокой древности. Сѣра залегаетъ среди мергелей, известняковъ и гипса. Кромѣ того извѣстностью пользуются мѣсторожденія Кроаціи, Галиціи, Испаніи и мн. др. мѣстъ. Въ Россіи особенно богата ею Дагестанская область на Кавказѣ. Здѣшнія руды по своимъ качествамъ имѣютъ большое сходство съ Сицилійскими. Сѣра залегаетъ среди глинъ въ толщахъ алебастра (гипса), относимыхъ къ послѣднимъ отложеніямъ юрской системы. Сѣра встрѣчается также и въ кратерахъ вулкановъ.

7. Ископаемые горючіе матеріалы. Камни, азбестъ.

Среди горючихъ матеріаловъ различаютъ твердые, жидкіе и газообразные. Изъ группы первыхъ мы остановимся при послѣдующемъ изложеніи на торфѣ, буромъ и каменномъ угляхъ, антрацитѣ; изъ второй группы—нефти. Отдѣльные виды твердаго горючаго матеріала связаны промежуточными переходами, которые лишаютъ возможности провести между ними рѣзкую границу. Изученіе мѣсторожденій говоритъ за то, что угли представляютъ изъ себя значительныя скопленія остатковъ богатой растительности прошлыхъ геологическихъ эпохъ, особенно каменноугольной, юрской и болѣе позднихъ. Образованіе мѣсторожденій горючаго объясняютъ двояко: одни предполагаютъ, что подобно тому, какъ въ настоящее время въ нѣкоторыхъ тропическихъ рѣкахъ (Амазонка въ Америкѣ, Конго въ Африкѣ) можно наблюдать плавающіе острова, образованные вначалѣ тѣсносросшимися болотными растеньями, на остаткахъ которыхъ поселились затѣмъ кустарники, точно такъ же и въ прежнее время могли происходить въ болѣе крупныхъ масштабахъ подобныя явленія и образовать отложенія горючихъ матеріаловъ. Другіе думаютъ, что залежи каменныхъ и другихъ углей образовались въ прошлое время такъ же, какъ теперь на нашихъ глазахъ образуются торфяники. Въ замкнутомъ водномъ бассейнѣ появляются сначала около береговъ въ отдѣльныхъ мѣстахъ различныя растеньица — число послѣднихъ съ теченіемъ времени возрастаетъ; зеленый легкій покровъ, охватившій берегъ, вдается вглубь и постепенно заполняетъ съ поверхности весь бассейнъ; тонкая вначалѣ зыбкая пелена постепенно утолщается за счетъ нижнихъ отмирающихъ частей, погружающихся въ воду. Когда этотъ поверхностный слой достигнетъ болѣе или менѣе значительной толщины, на немъ поселяются послѣдовательно кустарники, маленькія деревца и большія деревья. Корни деревьевъ, углубляясь съ каждымъ годомъ все глубже и глубже, наконецъ, достигнувъ воды, скрытой подъ верхнимъ растительнымъ покровомъ, загниваютъ. Дерево лишается опоры, вѣтеръ сваливаетъ его; подъ вліяніемъ своей тяжести оно мало-по-малу погружается въ глубину, въ воду. Такимъ образомъ собирается съ теченіемъ времени въ данномъ бассейнѣ значительный запасъ дерева. Подъ водою подъ дѣйствіемъ растворенаго въ водѣ кислорода происходитъ медленное разложеніе древесины и другихъ составныхъ частей дерева. При этомъ процессѣ происходитъ отчасти окисленіе углерода и выдѣленіе углекислоты, а отчасти распаденіе древесины съ выдѣленіемъ цѣлаго ряда углеводородовъ и, главнымъ образомъ, болотнаго газа. Въ результатѣ получается

обогащеніе древесины углеродомъ и уменьшеніе въ ней другихъ составныхъ частей, какъ-то: кислорода, водорода, азота; дерево принимаетъ черную окраску, т.-е.: другими словами, происходитъ обугливаніе дерева. Чѣмъ дольше и чѣмъ глубже происходитъ это обугливаніе, тѣмъ болѣе чистый уголь получается.

Присутствіе во всѣхъ почти пластахъ ископаемыхъ углей, прослойковъ солонцеватыхъ глинистыхъ и песчанистыхъ породъ объясняется тѣмъ, что образовавшіяся отложенія растительной массы отъ времени до времени покрывались водой, и за это время на нихъ отлагались глинистыя и песчанистыя частички, которыя приносила вода въ образовавшійся бассейнъ—впадину. Вотъ существованіе этихъ пропластковъ заставляетъ въ большинствѣ случаевъ больше довѣряться второму объясненію происхожденія углей. Эти минеральныя частички въ видѣ ила попадали на дно бассейновъ и въ то время, когда тамъ древесина лежала еще не вплотную. Они-то и составляютъ эту минеральную часть угля, которая при сжиганіи угля остается въ видѣ золы. Выше каменноугольныхъ пластовъ лежатъ часто песчаники, а снизу глинисто-сланцевыя породы, среди которыхъ попадаются остатки деревьевъ, пни.

Таблица въ статьѣ «Топливо» на стр. 166 указываетъ на отличіе отдѣльныхъ видовъ горючаго въ отношеніи ихъ химическаго состава. Хотя во многихъ случаяхъ представляется дѣломъ очень труднымъ провести разницу между двумя сосѣдними видами горючаго этой таблицы, тѣмъ не менѣе существуетъ рядъ чисто внѣшнихъ признаковъ и химическихъ свойствъ, которые даютъ возможность опредѣлить, съ какимъ видомъ горючаго въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло. Торфъ представляетъ изъ себя рыхлое скопленіе полуразложившихся остатковъ растеній; послѣднія разложились обыкновенно съ поверхности, при этомъ сохранили настолько свою форму, что можно почти всегда опредѣлить, какія растенія образовали эту массу горючаго. Цвѣтъ торфа бурый. Кромѣ употребленія въ качествѣ горючаго, торфъ находитъ себѣ примѣненіе въ сельскомъ хозяйствѣ и медицинѣ, благодаря тому, что онъ обладаетъ способностью поглощать жидкія, дурнопахнущія вещества. Бурый уголь представляетъ болѣе плотную въ сравненіи съ торфомъ массу, въ послѣдней не такъ уже легко распознать части растеній. Встрѣчается въ природѣ нерѣдко въ видѣ пластовъ, какъ и каменный уголь, хотя иногда попадаются и землистыя, рыхлыя его массы. Бурый уголь содержитъ большія количества чистаго углерода, чѣмъ торфъ, поэтому чаще послѣдняго примѣняется въ качествѣ горючаго. Такъ же, какъ и торфъ.

бурый уголь содержитъ органическія кислоты и, если вскипятить его съ ѣдкими щелочами, то при этомъ получается растворъ, окрашенный въ бурый, иногда почти въ черный цвѣтъ; если горючее по составу стоитъ ближе къ торфу, то растворъ получается темнѣе; если къ бурому углю, то свѣтлѣе. Каменный уголь и антрацитъ представляютъ изъ себя плотныя и наиболѣе богатыя углеродомъ массы горючаго; въ нихъ не представляется возможности различить какія-либо части растеній; они залегаютъ въ природѣ въ видѣ пластовъ. Въ сравненіи съ торфомъ и бурымъ углемъ, каменный уголь и антрацитъ содержатъ менѣе значительное количество водорода, кислорода, азота, зато большія количества углерода, особенно антрацитъ. Обугливаніе въ каменномъ углѣ и антрацитѣ почти закончилось.

Залежи торфа называются торфяниками; встрѣчаются въ мѣстностяхъ съ умѣреннымъ климатомъ и значительнымъ количествомъ стоячихъ водъ и выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ.

У насъ, въ Россіи, торфяники занимаютъ значительныя площади: сѣверная Сибирь, Финляндія, Вологодская, Олонецкая, Архангельская губерніи, во многихъ мѣстахъ средней Россіи и т. д. Внѣ Россіи торфяники встрѣчаются въ Ирландіи, Скандинавіи, Голландіи и т. д.

Торфяники разрабатываются съ поверхности отдѣльными участками; при этой работѣ примѣняются особыя машины, которыя вырѣзываютъ торфъ, затѣмъ послѣдній прессуется, сушится и уже тогда употребляется въ качествѣ топлива.

Бурый уголь встрѣчается въ прибалтійскихъ, Кіевской, Херсонской, Оренбургской губерніяхъ, въ Киргизской степи, по Амуру, на Сахалинѣ, Кавказѣ, въ Крыму; внѣ Россіи—въ Богеміи, Саксоніи, Силезіи и другихъ мѣстахъ. Мѣсторожденія бураго угля разрабатываются или съ поверхности «карьерами», напоминающими разносныя работы на добычахъ желѣзныхъ рудъ, или такими же подземными работами, которыя примѣняются при разработкѣ мѣсторожденій каменнаго угля и описаны ниже.

Изъ мѣсторожденій каменнаго угля въ Россіи особенно важное промышленное значеніе имѣетъ Донецкій бассейнъ, который занимаетъ въ южной части Харьковской, восточной части Екатеринославской гг. и западной части области Войска Донского площадь около 20.000 кв. верстъ. Мѣстность эта сложена изъ сланцевъ, песчаниковъ и известняковъ. Въ каменноугольный періодъ вся восточная часть Европейской Россіи была покрыта водами залива обширнаго моря, благодаря этому бассейну и образовались каменноугольные пласты. Къ востоку море было глубже, и здѣсь отложились, главнымъ образомъ, известняки, а пласты каменныхъ

углей сходятъ здѣсь на нѣтъ *(выклиниваются)*. Толщина каменноугольныхъ пластовъ здѣсь рѣдко достигаетъ 2 арш., обыкновенно около 1 арш. или нѣсколько больше. Нерѣдко пласты каменнаго угля содержатъ прослойки пустыхъ породъ: сланцевъ, сланцоватыхъ песчаниковъ. По качеству уголь Донецкаго бассейна представляетъ значительное разнообразіе. Чаще другихъ встрѣчаются угли, близкіе къ антрациту и каменному углю. Во многихъ мѣстахъ этого бассейна встрѣчаются со складками, сбросами и другими перемѣщеніями земной коры, что указываетъ на то, что въ этой области происходили въ прошломъ крупныя измѣненія въ строеніи мѣстности (сильныя дислокаціи); хотя внѣшняя поверхность кажется очень спокойной, но этотъ видъ является результатомъ продолжительной работы воды, особенно проточной, и атмосферы.

Въ Царствѣ Польскомъ разрабатываются болѣе мощныя отложенія каменнаго угля (Домбровскій бассейнъ), являющійся продолженіемъ такихъ же отложеній Верхней Силезіи. Въ Подмосковномъ районѣ производится добыча угля въ губерніяхъ Рязанской и Тульской. Уралъ вообще не богатъ углемъ; встрѣченные и разрабатываемые пласты каменныхъ углей и антрацита не высокаго качества: содержатъ большое количество сѣры и много (до 18%) золы. Сибирскія мѣсторожденія стали изслѣдоваться и разрабатываться лишь съ проведеніемъ Великаго Сибирскаго пути. Добыча ископаемаго горючаго здѣсь прогрессируетъ крупными шагами.

Изъ мѣсторожденій каменнаго угля внѣ Россіи слѣдуетъ отмѣтить въ Англіи (Южный Уэльсъ—знаменитый кардифскій уголь, Ньюкестль и др.), въ Шотландіи—бохгедъ, Сѣверная Америка, Китай, Германія (Рурскій, Верхнесилезскій, Саарбрюкенскій бассейны) и др.

Теперь сдѣлаемъ краткій обзоръ различныхъ системъ очистныхъ (см. выше главу: «Детальныя развѣдки») работъ при разработкѣ каменноугольныхъ мѣсторожденій.

При полого-падающихъ и тонкихъ пластахъ, а также при значительномъ содержаніи въ толщахъ угля пропластковъ пустой породы нерѣдко вынимается уголь сплошь, а выработанное пространство закладывается пустой породой, почему эта система и называется *сплошной выемкой съ закладкой*. Она чаще примѣняется при тонкихъ пластахъ болѣе цѣнныхъ, чѣмъ уголь, мѣсторожденіяхъ, наприм., въ Мансфельдѣ въ Германіи при разработкѣ мѣдистыхъ сланцевъ. Полезное ископаемое при этой системѣ вынимается полосами постепенно по простиранію пластовъ. Вырабатываемое пространство достигаетъ, самое большее, высоты 11 вершк.,

и потому здѣсь приходится работать лежа (черт. 250). Работа въ такомъ положеніи, конечно, очень не удобна и относится къ самымъ тяжелымъ въ горномъ дѣлѣ. Въ забоѣ рабочій сначала дѣлаетъ кайлой выемку (дѣлаетъ, говорятъ, врубъ) у почвы пласта, а затѣмъ съ помощью клиньевъ отрываетъ вышележащій слой отчасти ископаемаго, отчасти пустой породы, прибѣгая въ нѣкоторыхъ случаяхъ и къ порохострѣльной работѣ. Пустая порода тутъ же, у забоя, отдѣляется отъ руды, и ею закладываются выработанныя сзади пространства, даже откаточные штреки; около послѣднихъ обыкновенно при другихъ способахъ разработки всегда оставляются невынутые участки ископаемаго,— при этой же системѣ они остаются въ закладкѣ.

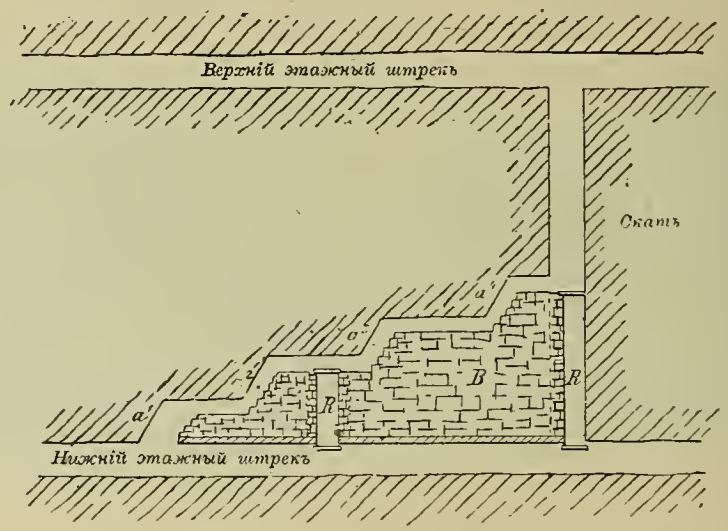
При крутопадающихъ пластахъ ископаемаго горючаго примѣняются *потолкоуступная* и *почвоуступная системы* разработки;

Черт. 250. Работа въ забоѣ (лежа).

онѣ же примѣняются при разработкѣ жильныхъ мѣсторожденій. Работы при этихъ системахъ располагаются въ такомъ порядкѣ. Назначенное къ выемкѣ поле разбивается (верхне- и нижне-этажными) штреками на отдѣльные участки, штреки соединяются выработками по пласту (соединительными штреками). Работа начинается въ мѣстѣ пересѣченія послѣдняго съ нижне-этажнымъ штрекомъ R (черт. 251). Полезное ископаемое вынимается уступами высотой до 2-хъ саженъ; вынимаютъ первый, затѣмъ второй и т. д. Работы въ концѣ принимаютъ видъ опрокинутой лѣстницы; полезное ископаемое находится надъ рабочимъ въ потолкѣ, откуда эта система и получила названіе потолкоуступной въ отличіе отъ похожей на эту систему почвоуступной, при которой выработанное пространство остается выше рабочаго, а полезное ископаемое и уступы находятся ниже въ почвѣ. Сзади и внизъ выработанное пространство B заполняется пустой породой; въ закладкѣ дѣлаются ходы R для доставки добытаго матеріала на нижній штрекъ.

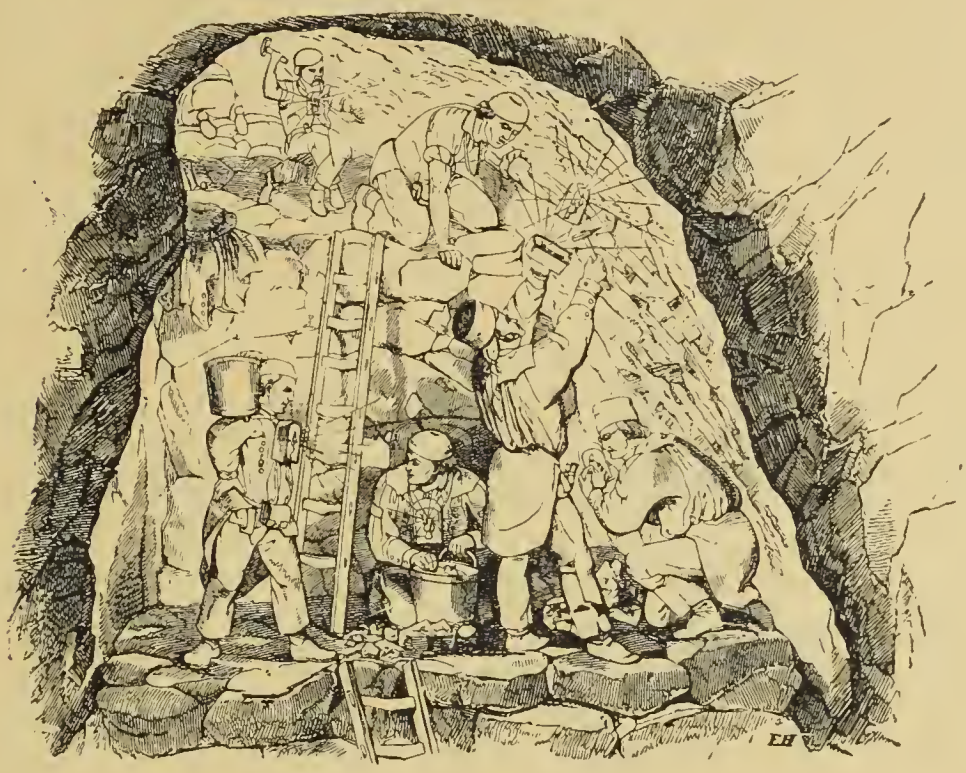
Когда работы удаляются отъ нихъ на болѣе или менѣе значительное разстояніе, тогда эти ходы закрываются у своихъ выходовъ въ нижній штрекъ съ той цѣлью, чтобъ струя свѣжаго воздуха поступала помимо ихъ изъ штрека къ забою непосредственно. На черт. 252 изображена потолкоуступная работа. На нижнемъ уступѣ штейгеръ, непосредственный руководитель работъ, съ фонаремъ въ рукахъ осматриваетъ работы; рабочіе внизу отбираютъ руду изъ общей массы; всѣ они стоятъ на выложенной ниже пустой породѣ (закладкѣ); на верхнемъ уступѣ рабочій буритъ шпуръ для порохострѣльныхъ работъ.

Наибольшимъ распространеніемъ при разработкѣ каменноугольныхъ мѣсторожденій пользуется, такъ называемая, *столбовая выемка съ обрушеніемъ кровли.* У насъ, на югѣ Россіи, ее называютъ выемкой лавами. Выемочное поле разбивается на прямоугольники—столбы; вырабатанное пространство не закладывается пустой породой въ отличіе отъ предыдущихъ системъ, кровля пласта послѣ выемки временной (на время выработки) крѣпи постепенно обрушается сама собой. Работы при этой системѣ ведутся въ такомъ порядкѣ (черт. 253). Проводятъ этажные штреки, соединяютъ ихъ штреками, которые идутъ вверхъ по пласту—по возстанію (противоположномъ направленіи, говорятъ, по паденію) и такой штрекъ наз. бремсбергомъ. Затѣмъ промежуточными (выемочными) штреками по простиранію (*W*) и штреками по возстанію (малые бремсберги) разбиваютъ все поле на столбы (*a*); вынимаютъ сначала самый удаленный отъ шахты, а затѣмъ переходятъ къ сосѣдямъ; благодаря этому, обрушеніе кровли начинается съ самыхъ удаленныхъ уголковъ рудника и не грозитъ



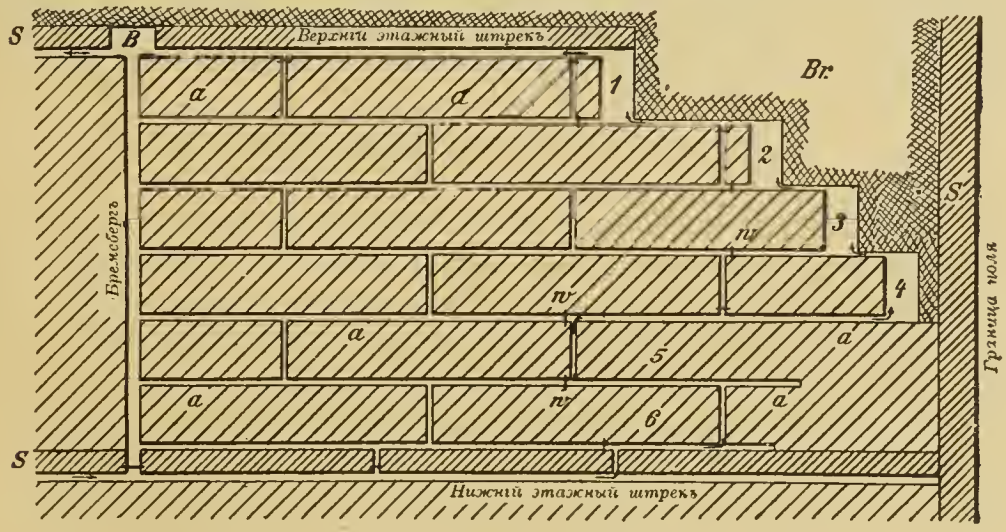
Черт. 251. Разрѣзъ потолкоуступныхъ работъ.

опасностью ни рабочимъ, ни шахтѣ. Съ той же цѣлью близъ этажныхъ штековъ не вынимаются полосы (*s*) ископаемаго, называемыя *предохранительными цѣликами*.



Черт. 252. Потолкоуступныя работы.

Большимъ несчастіемъ при разработкѣ каменноугольныхъ мѣсторожденій является выдѣленіе до сихъ поръ сохранившихся въ ихъ массѣ нѣкоторыхъ газовъ, легко взрывающихся при силь-

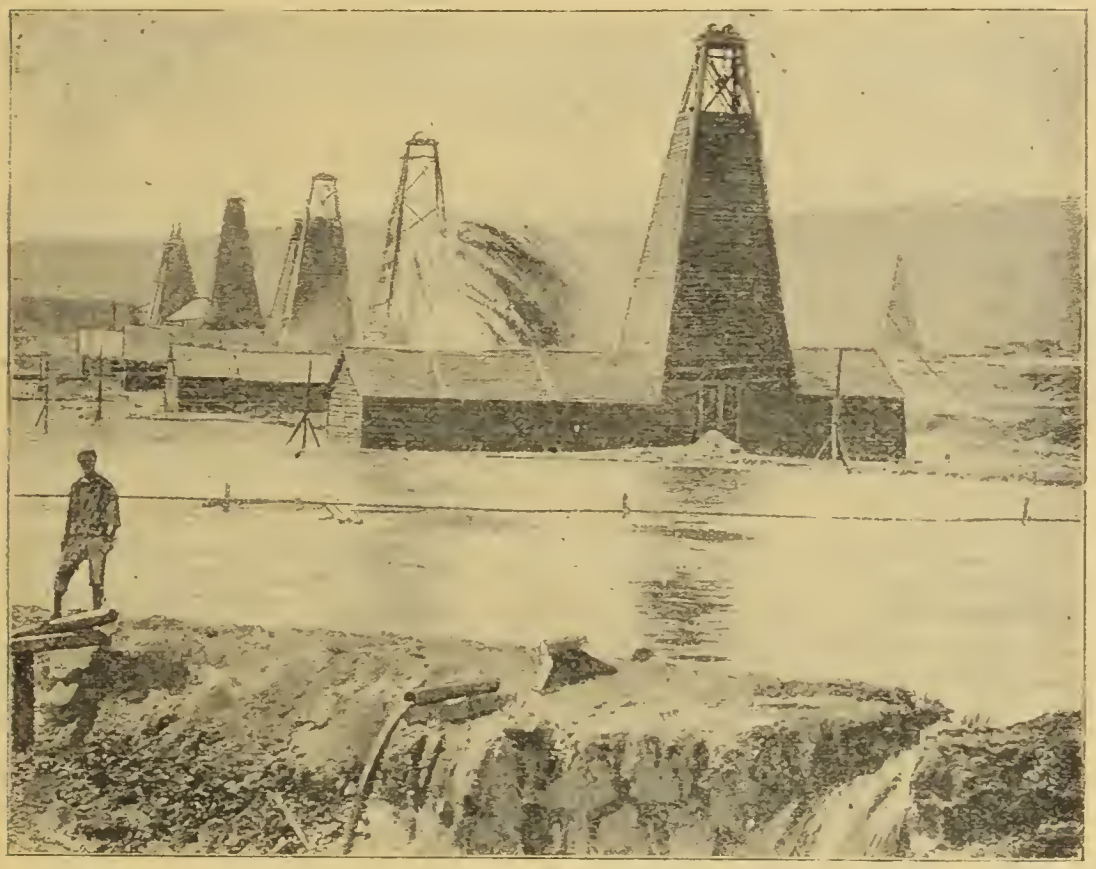


Черт. 253. Столбовая выемка съ обрушиваніемъ кровли.

ныхъ сотрясеніяхъ, при соприкосновеніи съ пламенемъ лампочекъ рабочихъ. Происходящіе взрывы рудничныхъ газовъ каждый годъ уносятъ значительное количество жертвъ. Для того, чтобы уменьшить число этихъ взрывовъ, употребляютъ предохранительныя (болѣе безопасныя) лампочки, съ той же цѣлью поливаютъ и пыль, которая носится въ воздухѣ и является въ этомъ отношеніи также очень опаснымъ элементомъ. Въ предохранительныхъ лампочкахъ пламя окружается металлической сѣткой съ очень узкими отверстіями. Теплота горѣнія и взрывы, имѣющіе мѣсто за сѣткой — внутри, не передается при этихъ условіяхъ наружному воздуху рудника.

Нефть. Нефть принадлежитъ къ горючимъ матеріаламъ, находящимся въ природѣ въ жидкомъ состояніи, и представляетъ собою маслянистую жидкость болѣе или менѣе густую, чаще окрашенную въ желтовато-бурый до чернаго цвѣтъ. Въ химическомъ отношеніи нефть является смѣсью жидкихъ углеводородовъ состава CnH_2n+_2 и другихъ, а также и значительнаго количества газообразныхъ; присутствіе послѣднихъ въ значительной степени обусловливаетъ то громадное давленіе, подъ вліяніемъ котораго нефть по трещинамъ иногда выходитъ сама собой, а искусственно выведенная изъ нѣдръ земли бьетъ высокими фонтанами (саженъ па 20 и болѣе (черт. 254). Значительное различіе въ точкахъ кипѣнія составныхъ частей нефти позволяетъ ихъ раздѣлить другъ отъ друга перегонкой. Нефть залегаетъ на различной глубинѣ въ земной поверхности среди рыхлыхъ минеральныхъ массъ, какъ-то: песковъ, рыхлыхъ песчаниковъ, трещиноватыхъ известняковъ. Буровыя скважины, проводимыя съ этой цѣлью, достигаютъ значительной величины, и изслѣдованіе мѣсторожденій нефти этимъ способомъ въ значительной степени способствовало развитію техники буренія. Когда такой скважиной доходятъ до нефтеноснаго слоя, нерѣдко она, какъ было указано выше, начинаетъ бить фонтаномъ; сравнительно скоро фонтанъ ослабѣваетъ, нефть входитъ въ свое русло, и тогда ее извлекаютъ съ помощью насосовъ. Видное мѣсто въ ряду немногихъ міровыхъ мѣсторожденій нефти занимаетъ Кавказъ, среди многочисленныхъ районовъ котораго въ настоящее время разрабатывается участокъ близъ Баку. На очень малой площади Апшеронскаго полуострова при деревняхъ Балаханы, Сабунчи, Романы и Биби-Эйбатъ скрыты подъ землей громадные запасы нефти. Кромѣ этихъ мѣсторожденій, нефть встрѣчена въ Крыму, въ среднемъ Поволжьи; особенно большія надежды сулитъ область р. Печоры; находятъ также во многихъ мѣстахъ Туркестана, на Амурѣ и Сахалинѣ. Внѣ Россіи извѣстно богатѣйшее мѣсторожденіе нефти въ Сѣв. Америкѣ —

Пенсильваніи и др. Относительно ея происхожденія существуетъ двѣ теоріи. Одна изъ нихъ была предложена знаменитымъ русскимъ ученымъ Д. И. Менделѣевымъ. Нефть образовалась благодаря тому, что вода (по преимуществу морская) по трещинамъ земной коры, имѣющимъ болѣе значительное распространеніе въ опредѣленныхъ пунктахъ земной поверхности, проникла до болѣе глубокихъ слоевъ земли, гдѣ встрѣтила на своемъ пути значительныя количества углеродистыхъ металловъ, особенно желѣза;



Черт. 254. Нефтяной фонтанъ и нефтяное озеро.

въ результатѣ чего образовались различные угловодороды, давшіе въ суммѣ нефть. Другая группа ученыхъ объясняетъ происхожденіе нефти иначе. Въ отдѣльныхъ районахъ среди морскихъ осадковъ скоплялись, при нѣкоторыхъ благопріятныхъ условіяхъ, значительныя количества животныхъ остатковъ, измѣненія въ послѣднихъ, въ концѣ-концовъ, образовали неистощимые запасы нефти.

Камни. Среди каменныхъ массъ, слагающихъ земную оболочку, человѣкъ съ глубокой древности находилъ матеріалъ, не-

обходимый для сооруженія себѣ жилищъ, постройки солидныхъ гражданскихъ сооруженій, а также для нѣкоторыхъ химическихъ производствъ и т. д. Среди строительныхъ матеріаловъ наиболѣе широкое примѣненіе находятъ себѣ наиболѣе плотные разновидности известняковъ, песчаникъ, гранитъ и другія горныя породы. Добыча камней является очень несложной горной работой; ведется чаще открытыми работами, можетъ быть поручена людямъ безъ серьезной предварительной подготовки для веденія горныхъ работъ вообще. Среди известняковъ особенно цѣнится мраморъ, находящій себѣ примѣненіе въ качествѣ облицовочнаго матеріала при гражданскихъ сооруженіяхъ, а также и матеріала для скульптурныхъ работъ. Въ Россіи хорошіе его сорта встрѣчены въ Финляндіи и на Уралѣ.

Среди полезныхъ ископаемыхъ заслуживаютъ упоминанія еще азбестъ и графитъ. Первый является очень сложнымъ по составу минераломъ; въ него входятъ кремній, магній, кальцій, желѣзо и др. Онъ находитъ себѣ широкое примѣненіе въ техникѣ благодаря тому, что онъ не поддается дѣйствію кислотъ и можетъ выдерживать высокую температуру и отличается малой теплопроводностью. Азбестъ плавится при температурѣ лишь около 1.700° Ц. Приготовленная изъ тонкихъ его волоконъ масса въ видѣ картона, жгутиковъ предохраняетъ паровыя трубы, котлы отъ потери тепла въ окружающее пространство. Мѣсторожденія азбеста встрѣчены на Уралѣ и въ настоящее время разрабатываются.

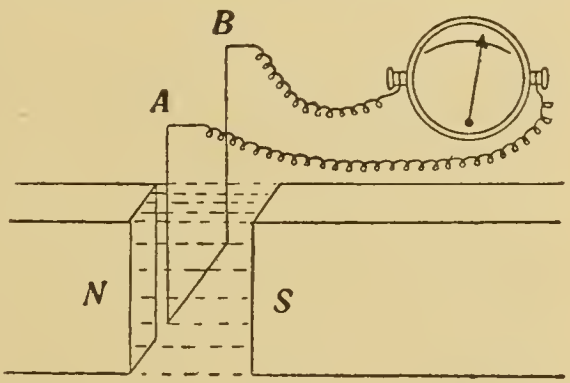
Графитъ является послѣдней стадіей обугливанія растительныхъ остатковъ и представляетъ изъ себя чистый углеродъ. Графитъ, болѣе чистый хорошаго качества, идетъ на приготовленіе карандашей, а изъ графита худшаго качества дѣлается огнеупорная посуда, необходимая при различнаго рода плавкахъ. Богатыя мѣсторожденія графита встрѣчены въ Сибири въ Тункинскихъ горахъ, Иркутск. губ. (Алеберовское мѣсторожденіе), на Уралѣ въ Ильменскихъ горахъ. Внѣ Россіи наибольшія количества его добываются на островѣ Цейлонѣ.

Пособія: *П. Корзухинъ*. Горноразвѣдочное дѣло. *Лебедевъ*. Ученіе о мѣсторожденіяхъ полезныхъ ископаемыхъ. Лекціи, читанныя въ Екатеринославскомъ высшемъ Горномъ училищѣ. *Паутовъ*. Горное искусство для среднихъ учебныхъ заведеній. *Митинскій*. Откатка, водоотливъ и вентиляція. Библіотека промышленн. знаній подъ редакц. Д. И. Менделѣева.

Электротехника.

1. Динамоэлектрическія машины и электродвигатели.

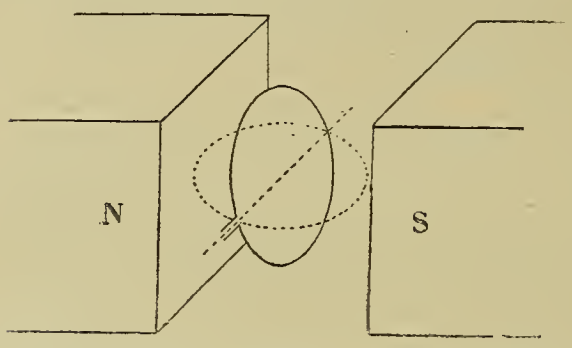
Многія интересныя дѣйствія электрическаго тока были извѣстны давно, но примѣненіе тока въ обширныхъ размѣрахъ стало возможнымъ только послѣ изобрѣтенія *динамоэлектрической машины*, или, короче, *динамомашины*. До тѣхъ поръ для полученія электрическаго тока примѣнялись гальваническіе *элементы* (см. отдѣлъ физики), въ которыхъ токъ получался на счетъ растворенія металловъ (главнымъ образомъ, цинка въ кислотахъ), что обходилось сравнительно дорого, да кромѣ того, для полученія большихъ количествъ электричества требуется большое число элементовъ, уходъ за которыми и соединеніе ихъ между собою очень хлопотливо, и которые требуютъ очень много мѣста. Понятно поэтому, какой переворотъ произвело изобрѣтеніе машины, занимающей очень мало мѣста и дающей по сравненію съ гальваническими элементами огромное количество электричества, которое притомъ обходится гораздо дешевле, такъ какъ получается на счетъ движущей силы (паровой машины, водяного или вѣтряного двигателя и т. д.).



Черт. 255. Отъ сѣвернаго полюса магнита N къ южному S идутъ силовыя линіи. Проволока, двигаясь, пересѣкаетъ линіи. Присутствіе тока при этомъ показываетъ гальванометръ.

Изъ физики (отд. *электромагнитная индукція)* извѣстно, что при движеніи *проволоки* въ *магнитномъ полѣ* въ ней появляется *электродвижущая* сила, которая легко обнаруживается, если концы проволоки соединены между собой, или, какъ говорятъ, образуютъ *замкнутый проводникъ* (черт. 255). При движеніи такого замкну-

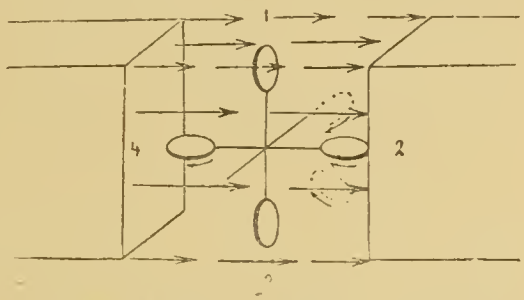
таго проводника или кольца въ магнитномъ полѣ, въ проводникѣ появится токъ, при томъ, однако, условіи, чтобы число *силовыхъ линій*, пронизывающихъ кольцо, увеличивалось или уменьшалось, или иначе, чтобы проводникъ пересѣкалъ силовыя линіи. Это послѣднее условіе показываетъ, что такимъ простымъ образомъ нельзя долго получать электрическій токъ одного и того же направленія, такъ какъ количество пронизывающихъ кольцо силовыхъ линій не можетъ быть безконечно велико. Если имѣемъ магнитное поле между сѣвернымъ и южнымъ полюсами магнита, при чемъ силовыя линіи надо себѣ представить въ видѣ ряда параллельныхъ линій, исходящихъ изъ сѣвернаго полюса и входящихъ въ южный [1]), и въ такомъ полѣ вращается кольцо около своего діаметра (черт. 256) или около другой оси (черт. 257), то число силовыхъ линій, пронизывающихъ кольцо, измѣняется отъ нуля, когда плоскость кольца совпадаетъ съ направленіемъ силовыхъ линій, до наибольшаго числа, когда плоскость кольца перпендикулярна къ силовымъ линіямъ, затѣмъ опять уменьшается до нуля и снова увеличивается до наибольшаго числа и т. д. Во время вращенія въ кольцѣ появляется *индуктированный* токъ, направленіе котораго зависитъ отъ того, съ какой стороны въ кольцо входятъ силовыя линіи, и отъ того, увеличивается или уменьшается ихъ число. Такъ какъ въ теченіе половины оборота линіи входятъ съ одной стороны кольца, а въ теченіе другой половины оборота съ другой стороны, а кромѣ того, число силовыхъ линій то увеличивается, то уменьшается, что также вліяетъ на направленіе индуктированнаго въ кольцѣ тока, то опредѣленіе момента измѣненія направленія тока нѣсколько усложняется. Важно замѣтить, что мѣняется не только направленіе тока, но и сила его, и при томъ не скачкомъ, а постепенно, а именно такъ: когда кольцо близко къ вертикальному положенію, число пронизывающихъ его линій или *магнитный*



Черт. 256. Кольцо, вращаясь около горизонтальной оси, пересѣкаетъ силовыя линіи (не изображенныя на черт.).

[1]) Мы не знаемъ откуда именно идутъ силовыя линіи, но условились считать ихъ выходящими изъ сѣвернаго и входящими въ южный полюсъ. Точно также условились считать, что электричество течетъ въ проводникѣ отъ положительнаго полюса къ отрицательному.

потокъ почти не мѣняется, сила тока нуль; по мѣрѣ приближенія къ горизонтальному положенію скорость уменьшенія потока возрастаетъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и сила тока достигаетъ наибольшей величины; затѣмъ начинается увеличеніе потока, должно бы измѣниться направленіе тока, но такъ какъ въ то же время кольцо поворачивается другимъ бокомъ (это также само по себѣ должно бы мѣнять направленіе тока), то выходитъ, что направленіе тока не мѣняется, а только начинаетъ уменьшаться его сила, и это продолжается до тѣхъ поръ, пока кольцо станетъ снова вертикально и сила тока станетъ нуль; послѣ этого начинается возрастаніе потока, мѣняется направленіе тока и увеличивается сила тока, пока не достигнетъ наибольшей величины при горизонтальномъ положеніи кольца и т. д. Такимъ образомъ направленіе тока мѣняется во время каждаго оборота кольца *два* раза при верхнемъ и нижнемъ вертикальномъ положеніи, при чемъ сила тока равна *нулю*, *наибольшей* же силы токъ достигаетъ такъ же *два* раза при правомъ и лѣвомъ горизонтальныхъ положеніяхъ. Слѣдовательно, при непрерывномъ вращеніи кольца въ немъ получается токъ, мѣняющійся по направленію и силѣ. Такой токъ называется *перемѣннымъ*, въ отличіе отъ *постояннаго* тока одного направленія.



Черт. 257. Кольцо, вращаясь около горизонтальной оси, послѣдовательно занимаетъ положенія 1, 2, 3, 4 и т. д. и пересѣкаетъ силовыя линіи.

Все вышеизложенное представляетъ принципъ, на которомъ основано устройство динамомашинъ. Замѣтимъ, такой же результатъ получится, если будетъ вращаться не одно кольцо, а *катушка* изъ большого числа оборотовъ изолированной проволоки, только дѣйствіе увеличится соотвѣтственно числу оборотовъ проволоки, такъ какъ въ каждомъ оборотѣ получается электродвижущая сила, и всѣ эти силы одновременно направлены къ одну сторону и потому складываются. Для того, чтобы еще больше усилить дѣйствіе, на одинъ и тотъ же валъ надѣваютъ нѣсколько катушекъ, соединеніе которыхъ между собою будетъ описано ниже. Катушки обыкновенно дѣлаются удлиненной по оси формы и вмѣстѣ съ осью называются *якоремъ* машины. Число разныхъ системъ динамомашинъ очень велико, но по устройству якоря различаютъ два основныхъ типа. Въ первомъ, которому соотвѣтствуетъ схема на черт. 256, вращающаяся часть представляетъ *барабанъ* (для усиленія дѣйствія желѣзный), на который

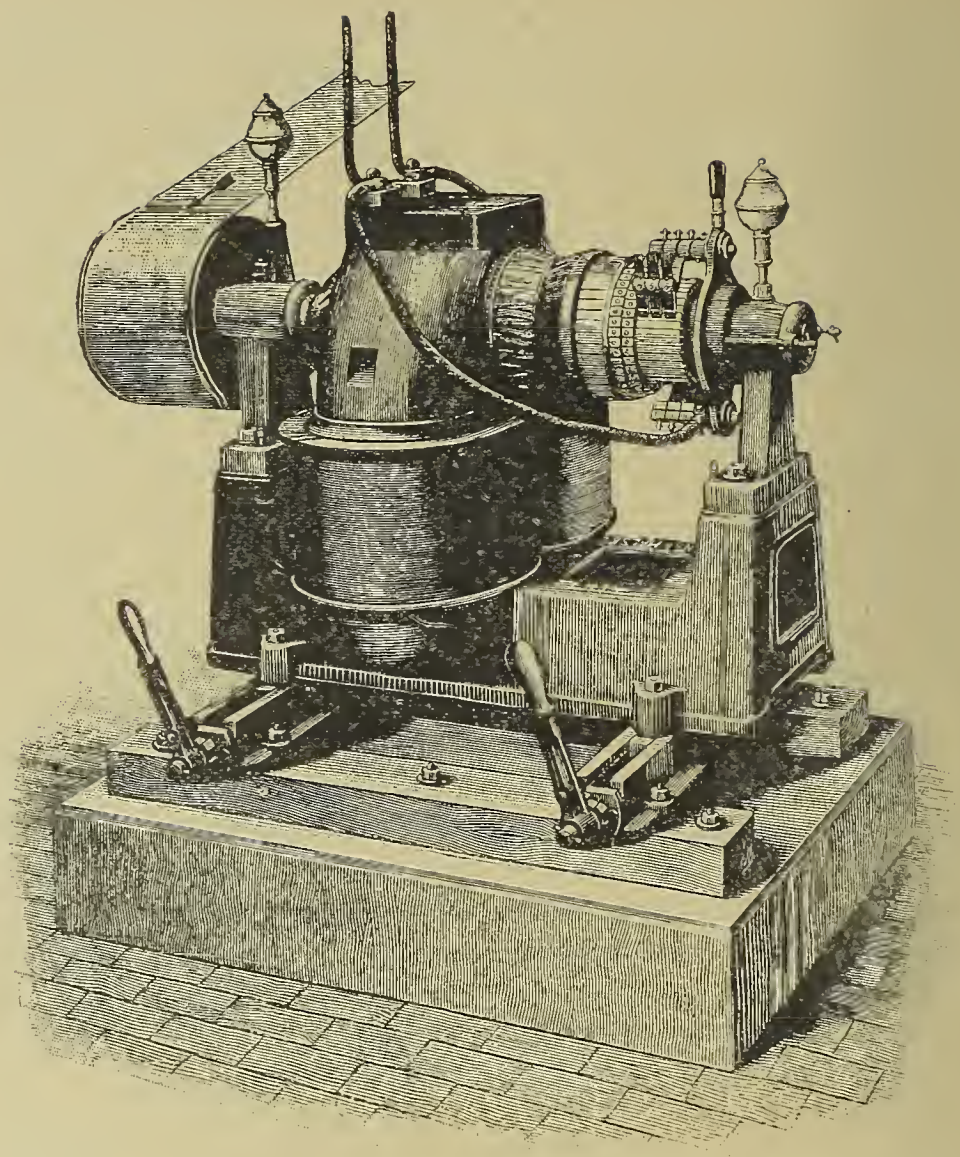
параллельно оси намотана проволока — это якорь Гефнеръ-Альтенека или *барабанный*. Во второмъ типѣ, которому соотвѣтствуетъ схема на черт. 257, якорь представляетъ желѣзное *кольцо* или цилиндръ, связанный съ осью помощью крестовины, ободъ кольца обмотанъ изолированною проволокою параллельно оси — *кольцевой* якорь Пачинотти-Грамма. Затѣмъ различаютъ машины *постояннаго* и *перемѣннаго* тока. Какъ мы видѣли, въ простѣйшемъ случаѣ получается токъ перемѣнный, если просто принимать получающееся электричество отъ концовъ катушекъ, но при помощи особаго приспособленія, называемаго *коллекторомъ*, токъ во внѣшнюю цѣпь можетъ быть полученъ постоянный. Наконецъ по способу полученія магнитнаго поля различаютъ *магнитноэлектрическія* машины (теперь почти не употребляются), въ которыхъ поле получается отъ стальныхъ магнитовъ и собственно *динамомашины*, когда поле получается при помощи *электромагнитовъ*.

На рис. 258 представлена динамомашина постояннаго тока съ барабаннымъ якоремъ. Какъ всякая машина, она состоитъ изъ *неподвижной* части и *вращающейся* части. Неподвижная состоитъ изъ *фундамента*, *рамы*, *подшипниковъ* и *электромагнитовъ*. Къ рамѣ же крѣпко придѣланы *электромагниты*, представляющіе круглые или прямоугольные, чугунные или желѣзные бруски (на рисункѣ круглые), на которые надѣты катушки изъ большого числа оборотовъ изолированной мѣдной проволоки. Выступающія вверхъ изъ катушекъ части обоихъ брусковъ образуютъ цилиндрической формы пустое пространство, въ которомъ свободно можетъ вращаться якорь, имѣющій видъ горизонтальнаго цилиндра. Эти выступающія части называются *полюсными наконечниками* [1]). Когда по проволокѣ электромагнитныхъ катушекъ проходитъ токъ, т.-е. когда концы проволокъ соединены съ какимъ-нибудь источникомъ тока, то вставленные въ катушки бруски пріобрѣтаютъ свойства *магнитовъ*, концы ихъ образуютъ сѣверный и южный полюсы. Если смотрѣть на катушку вдоль бруска съ той стороны, гдѣ направленіе тока въ катушкѣ идетъ въ *томъ* же направленіи, какъ идутъ *стрѣлки* въ часахъ (когда смотрятъ на циферблатъ часовъ), то ближайшій къ нашему глазу полюсъ будетъ *южный*. Если перемѣнить направленіе тока въ катушкѣ, чтобы токъ казался намъ идущимъ *противъ* направленія *стрѣлокъ* часовъ, то къ намъ будетъ обращенъ *сѣверный* полюсъ.

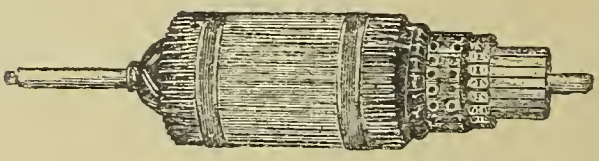
[1]) Магнитныя силовыя линіи въ желѣзѣ проходятъ во мвого разъ легче, чѣмъ въ воздухѣ, поэтому полюсные наконечники не должны плотно сходиться, а между ними долженъ оставаться воздушный промежутокъ, иначе всѣ линіи будутъ переходить изъ желѣза въ желѣзо, для дѣйствія же машины нужно, чтобы линіи проходили черезъ якорь.

Имѣя возможность дѣлать любой полюсъ въ полюсныхъ наконечникахъ, пускаемъ токъ въ катушкахъ въ такомъ направленіи, чтобы одинъ наконечникъ представлялъ сѣверный полюсъ, а другой — южный, тогда цилиндрическое пустое пространство между наконечниками образуетъ *магнитное поле*, пронизанное магнитными силовыми линіями. Токъ въ электромагниты можетъ доставляться отъ внѣшняго источника (гальваническихъ элементовъ или другой машины) или отъ этой же самой машины, и соотвѣтственно этому машина получаетъ названіе — съ *внѣшнимъ возбужденіемъ*, или *самовозбуждающейся*; надо только помнить, чтобы направленіе тока оставалось постояннымъ и полюса оставались неизмѣнными. Вращающаяся часть машины — якорь, состоитъ изъ стального вала, на одномъ концѣ котораго помѣщается шкивъ, служащій для передачи якорю при помощи ремня вращенія отъ двигателя. Якорь устроенъ слѣдующимъ образомъ: на валъ надѣтъ цѣлый рядъ *дисковъ* съ зубцами, на зубцы наматываютъ изолированную мѣдную проволоку, которая образуетъ мотки, укладывающіеся параллельно валу. Всѣ концы проволоки мотковъ должны выходить къ одному концу цилиндра, который образуется изъ мотковъ. Для того, чтобы мотки не выходили изъ пазовъ, образуемыхъ зубцами, на нихъ надѣваются кольца (рифы), обыкновенно состоящія изъ намотанной поперекъ цилиндра проволоки (на черт. 259 два такихъ кольца по концамъ барабана). Въ этомъ рисункѣ представленъ готовый якорь. Здѣсь видно, что справа отъ якоря на валъ надѣтъ еще цилиндръ, состоящій изъ продольныхъ пластинокъ, къ которымъ помощью винтовъ присоединены концы проволокъ всѣхъ мотковъ; это — *коллекторъ (собиратель)*, назначеніе котораго выяснится изъ слѣдующаго.

Каждый мотокъ представляетъ вращающійся въ магнитномъ полѣ проводникъ, что, какъ мы видѣли, вызоветъ въ моткѣ токъ перемѣннаго направленія. Такіе токи имѣютъ большое примѣненіе въ практикѣ, и въ такомъ случаѣ каждый конецъ мотка присоединится къ мѣдному изолированному кольцу, сидящему на валу рядомъ съ якоремъ; каждаго кольца касается гибкая мѣдная *щетка* (обѣ щетки другъ отъ друга изолированы), прикрѣпленная къ неподвижной части машины и потому не участвующая во вращеніи; къ этимъ щеткамъ при вращеніи якоря съ кольцами, очевидно, непрерывно притекаетъ перемѣнный токъ, это *машина перемѣннаго тока*. Если же требуется постоянный токъ, то пользуются коллекторомъ, который въ простѣйшемъ видѣ изображенъ на черт. 260. Онъ представляетъ цилиндръ изъ ряда изолированныхъ другъ отъ друга мѣдныхъ пластинокъ, прикрѣ-



Черт. 258. Двуполюсная динамо-машина съ барабаннымъ якоремъ. Слѣва—шкивъ съ ремнемъ, справа—коллекторъ и щетки. Вверхъ отходятъ два провода во внѣшнюю цѣпь.



Черт. 259. Видъ барабаннаго якоря съ обмоткою и коллекторомъ.

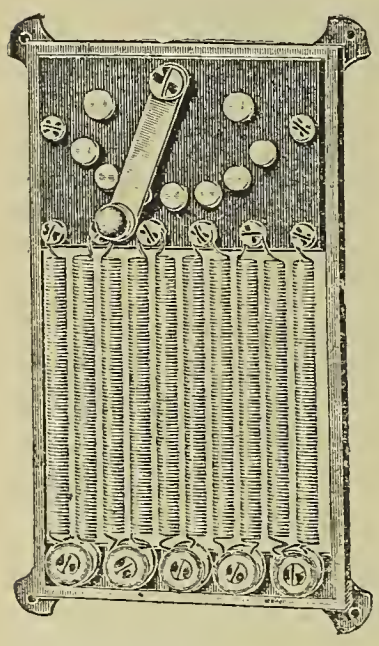
Черт. 260. Коллекторъ.

пленныхъ къ валу машины рядомъ съ якоремъ. Къ каждой пластинкѣ присоединены два конца двухъ смежныхъ обмотокъ, но такимъ образомъ, что подъ одинъ винтъ зажаты конецъ одной обмотки и начало слѣдующей сосѣдней; слѣдовательно, число пластинокъ равно числу обмотокъ (катушекъ) якоря.

Уже на чертежѣ 256 мы видѣли, что направленіе тока въ рамкѣ мѣняется, при переходѣ черезъ вертикальную плоскость, и что рамка въ этомъ положеніи не даетъ тока (это положеніе называется *нейтральною* плоскостью, ея направленіе зависитъ отъ направленія силовыхъ линій, къ которымъ она всегда перпендикулярна). Направленіе тока въ рамкѣ въ каждый моментъ зависитъ отъ ея положенія относительно нейтральной плоскости: *справа* отъ нея — въ одну сторону, *слѣва* въ противоположную, и выходитъ, что электричество течетъ всегда по направленію, напр., отъ верхняго нейтральнаго положенія къ нижнему. Такъ какъ направленіе тока зависитъ только отъ положенія обмотки относительно нейтральной плоскости и всѣ обмотки при вращеніи якоря послѣдовательно проходятъ одни и тѣ же положенія, то отсюда заключаемъ, что во всѣхъ катушкахъ токъ постоянно течетъ отъ одной нейтральной точки (верхней или нижней) къ другой. Если теперь въ этихъ точкахъ къ пластинкамъ коллектора касаются двѣ гибкія мѣдныя неподвижныя *щетки* (пластинки коллектора понарно послѣдовательно пробѣгаютъ подъ щетками), то онѣ становятся какъ бы источникомъ электрическаго тока *постояннаго* направленія. Если щетки соединены черезъ какую-нибудь внѣшнюю цѣпь, то по ней пойдетъ токъ отъ одной щетки, напр., верхней по внѣшней цѣпи къ нижней щеткѣ, отъ нея по обмоткамъ якоря къ верхней (для полученія тока онъ долженъ имѣть непрерывный *замкнутый* путь). На самомъ дѣлѣ въ работающей машинѣ нейтральная плоскость оказывается нѣсколько сдвинутой въ сторону вращенія (тѣмъ больше, чѣмъ больше скорость вращенія якоря), такъ что и щетки приходится смѣщать въ сторону вращенія. Правильное положеніе щетокъ узнается потому, что тогда между щетками и коллекторомъ не получается *искренія* или оно очень мало. Такимъ образомъ одна щетка будетъ всегда плюсовая *(положительная)*, другая всегда минусовая *(отрицательная)*, хотя въ каждой обмоткѣ въ отдѣльности направленіе тока мѣняется дважды за время одного оборота якоря, и ничто теперь не мѣшаетъ брать отъ щетокъ токъ для возбужденія электромагнитовъ машины.

Въ разныхъ частныхъ случаяхъ примѣненія динамомашинъ примѣняется тотъ или иной способъ возбужденія, имѣя въ виду возможно лучшее *саморегулированіе* машины для того, чтобы,

при измѣненіи внѣшней цѣпи, машина сама поддерживала постоянное напряженіе на щеткахъ или силу тока во внѣшней цѣпи. Въ извѣстныхъ предѣлахъ машина сама себя регулируетъ, но если колебанія нагрузки во внѣшней цѣпи, напр., число зажигаемыхъ лампъ, сильно мѣняется, то приходится прибѣгать къ помощи человѣческой руки для регулированія. Для этого во внѣшнюю цѣпь и въ цѣпь возбужденія вводятся приборы, называемые *реостатами* (черт. 261), помощью которыхъ можно увеличивать или уменьшать сопротивленіе цѣпи, а вмѣстѣ съ этимъ уменьшать или увеличивать силу тока въ цѣпи.



Черт. 261. Одна изъ формъ реостата. Рядъ проволочныхъ желѣзныхъ спиралей, соединенныхъ послѣдовательно, натянутъ на рамѣ. Токъ подводится къ крайней спирали и къ рукояткѣ, помощью которой включается больше или меньше спиралей.

Электродвижущая сила въ обмоткахъ якоря получается при перерѣзаніи ими силовыхъ линій магнитнаго потока, и величина этой силы тѣмъ больше, чѣмъ быстрѣе эти линіи пересѣкаются, т.-е. чѣмъ большее число линій пересѣкается, напр., въ одну секунду. Слѣдовательно, если при данной машинѣ мы хотимъ увеличить электродвижущую силу, то мы должны или увеличить скорость вращенія якоря или сдѣлать магнитное поле болѣе *густымъ*, болѣе богатымъ линіями, т.-е. сдѣлать магнитные полюсы болѣе сильными. Сила полюсовъ данныхъ электромагнитовъ зависитъ отъ силы тока въ ихъ обмоткахъ, такъ что при усиленіи тока полюсы становятся сильнѣе. Съ другой стороны, изъ физики извѣстно, что при данной электродвижущей силѣ величина *силы* тока въ проводникѣ измѣняется *обратно сопротивленію* (Законъ Ома — при уменьшеніи сопротивленія токъ усиливается, и обратно). Теперь понятно, что, уменьшая реостатомъ сопротивленіе цѣпи электромагнитовъ, мы усиливаемъ въ нихъ токъ, отъ этого усиливается магнитное поле, и при той же скорости вращенія якоря обмотки успѣваютъ пересѣчь большее число линій, а потому электродвижущая сила на щеткахъ увеличивается, вмѣстѣ съ этимъ усиливается токъ во внѣшней цѣпи, если ея сопротивленіе не увеличилось.

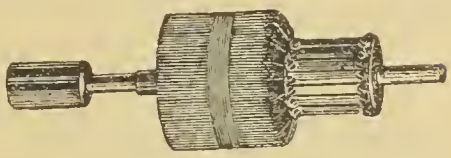
Въ первоначальной схемѣ динамомашины мы говорили только о вращеніи катушки въ магнитномъ полѣ, но дѣйствіе оказывается

гораздо сильнѣе, если катушка имѣетъ *желѣзный сердечникъ*. Этотъ сердечникъ дѣлается *разслоеннымъ* (изъ желѣзныхъ кружковъ), такъ какъ въ сплошномъ получается сильное нагрѣваніе, которое не только вредно вліяетъ на машину, но еще безполезно поглощаетъ много работы.

Другой типъ машинъ — съ кольцевымъ якоремъ — отличается отъ описаннаго только формою сердечника и способомъ нанесенія обмотокъ.

Общій видъ кольцевого якоря изображенъ на черт. 262; при вращеніи такого якоря обмотки также пересѣкаютъ силовыя линіи, въ нихъ также индуктируется токъ, мѣняющій свое направленіе два раза при каждомъ оборотѣ якоря; для полученія постояннаго тока здѣсь также щетки ставятся въ нейтральной плоскости.

Описанныя машины имѣютъ два магнитныхъ полюса и носятъ общее названіе *двухполюсныхъ*.

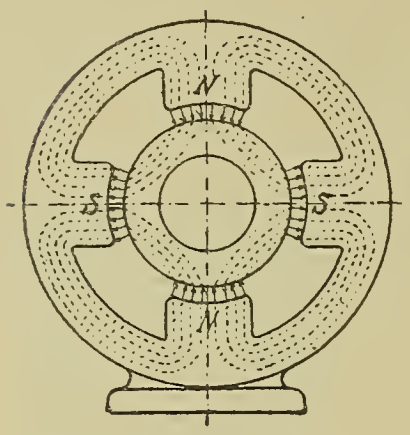


Черт. 262. Видъ кольцевого якоря со шкивомъ (слѣва) и коллекторомъ (справа).

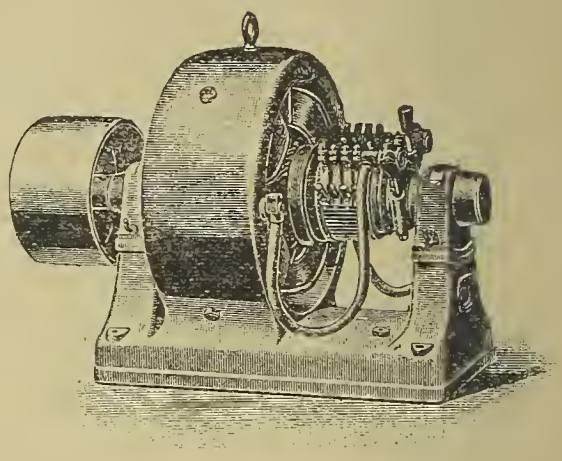
По мѣрѣ того, какъ расширялось примѣненіе электричества, явилась потребность въ большихъ динамомашинахъ и оказалось выгоднѣе строить машины съ 2, 3, 4 и больше парами полюсовъ. Станина ихъ представляетъ чугунную раму, или коробку, съ 4, 6, 8 и т. д. выступами внутрь (черт. 263), на которые надѣты катушки и которые образуютъ электромагниты. Полюсы идутъ чередуясь, такъ что рядомъ стоящіе всегда разноименные. Якорь и коллекторъ, какъ у двуполюсныхъ, число же щетокъ всегда равно числу полюсовъ, и рядомъ стоящія щетки имѣютъ разные знаки. Всѣ положительныя щетки между собою соединены и образуютъ одинъ положительный полюсъ, точно такъ же всѣ отрицательныя. Нейтральныя плоскости находятся между каждою парою сосѣднихъ полюсовъ. Черт. 264 показываетъ внѣшній видъ 4-хъ-полюсной машины и положеніе магнитнаго потока въ ней.

Весьма замѣчательное свойство всякой динамомашины — ея *обратимость*, т.-е. способность ея якоря приходить во вращеніе, когда въ динамомашину пускаютъ токъ. Свойство это станетъ понятнымъ, если вспомнить дѣйствіе магнитнаго поля на движущійся въ немъ отъ внѣшней силы проводникъ и дѣйствіе такого же поля на проводникъ, по которому уже течетъ электрическій токъ (черт. 255). Въ первомъ случаѣ, если проводникъ пересѣкаетъ силовыя линіи, то въ немъ *появляется* токъ; во второмъ происходитъ обратное явленіе: возникаетъ сила, за-

ставляющая проводникъ *двигаться* такъ, чтобы онъ перерѣзалъ силовыя линіи, толкаетъ его въ ту или другую сторону. Какъ направленіе возникающаго тока, такъ и направленіе

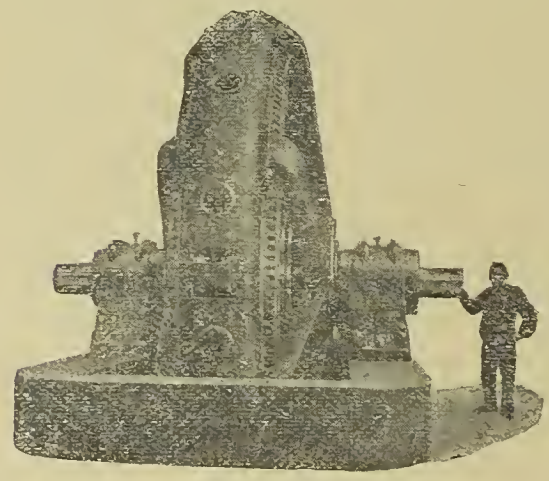


Черт. 263. Магнитный потокъ въ станинѣ и якорѣ 4-хъ-полюсной динамомашины.



Черт. 264. Видъ 4-хъ-полюсной динамомашины.

выталкиванія не случайное, а подчиняется извѣстнымъ законамъ, связывающимъ направленія движенія, поля и тока. Если, при вращеніи якоря динамомашины, отъ щетокъ получается токъ, то, обратно, при пропусканіи тока черезъ щетки въ динамомашину, должно происходить *вращеніе* якоря, и въ такомъ случаѣ динамомашина становится *электродвигателемъ* и можетъ приводить въ движеніе разные станки и пр. Примѣненіе электродвигателей *(электромоторовъ)* особенно цѣнно—благодаря удобству передачи электричества по проволокамъ: располагая въ одномъ пунктѣ какимъ-либо *механическимъ* двигателемъ и динамомашиною и передавая полученное электричество по проволокамъ въ другой пунктъ, можемъ здѣсь при помощи электромотора обратно получить механическую работу. Выходитъ, что мы при помощи двухъ динамомашинъ и проволокъ *перенесли механическую* работу изъ одного мѣста въ другое, хотя бы и отдаленное (см. передача силы).



Черт. 265. Динамомашина въ 690 лошад. силъ.

Хотя до сихъ поръ еще неизвѣстно, въ чемъ заключается суть-электричества, человѣкъ не можетъ его ни видѣть, ни другимъ какимъ-либо образомъ чувствовать его *количество*, тѣмъ не менѣе всѣ явленія показываютъ, что количество это можно измѣрять по различнымъ его дѣйствіямъ и по количеству работы, затрачиваемой для его полученія. Якорь динамомашины, если она не отдаетъ тока и не вырабатываетъ электричества (если щетки не соединены проводникомъ), вращается очень легко, такъ какъ приходится преодолѣвать только треніе вала въ подшипникахъ (треніе якоря объ воздухъ ничтожно мало), но стоитъ только соединить щетки съ проводникомъ, какъ вращеніе якоря тотчасъ требуетъ гораздо большаго усилія, притомъ тѣмъ большаго, чѣмъ сильнѣе токъ въ проводникѣ. Между потребною механическою работою, силою получаемаго тока и его напряженіемъ существуетъ прямая зависимость. *Мощность* (работа въ единицу времени) механическая выражается въ *лошадиныхъ силахъ*, мощность электрическая — въ *ваттахъ* (ваттъ соотвѣтствуетъ работѣ одного ампера въ секунду, при напряженіи въ 1 вольтъ). Точныя изслѣдованія показали, что одной *лошадиной силѣ* соотвѣтствуютъ 736 ваттъ. Если бы можно было построить идеальную машину безъ тренія и другихъ вредныхъ потерь, то на каждую затрачиваемую лошадиную силу мы получили бы отъ динамомашины 736 ваттъ и на каждые затрачиваемые 736 ваттъ получили бы отъ электромотора одну лошадиную силу. На самомъ же дѣлѣ каждая машина за свое посредничество, при всякомъ преобразованіи силы (механической въ электрическую или обратно), удерживаетъ нѣкоторую часть ея и не всю ее отдаетъ. Отношеніе отдаваемаго количества къ полученному машиною называется *коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія*, и чѣмъ лучше машина, тѣмъ коэффиціентъ этотъ больше. Для современныхъ динамомашинъ (и электродвигателей) этотъ коэффиціентъ довольно высокъ, а именно около 96%, иногда даже больше, слѣдовательно, за посредничество машины удерживаютъ около 4%, между тѣмъ какъ вначалѣ, тотчасъ послѣ изобрѣтенія этихъ машинъ (въ 70-хъ годахъ прошлаго столѣтія) были очень рады получить хоть половину затраченной работы, т.-е. 50% полезнаго дѣйствія.

Что касается размѣровъ машинъ, то онѣ дѣлаются отъ самыхъ маленькихъ, точно игрушечныхъ, мощностью въ какія-либо сотыя доли лошадиной силы до гигантовъ въ 5.000 силъ.

Электричество проникаетъ во всѣ области техники и обыденной жизни; фабрики и ремесленныя заведенія, пути сообщенія и морское дѣло, города и села, наконецъ жители въ частной жизни являются крупными потребителями электричества, спросъ

на него растетъ не по днямъ, а по часамъ. Все это огромное количество должно вырабатываться динамомашинами разныхъ типовъ. Если къ этому еще прибавить огромное количество машинъ-электродвигателей, разсѣянныхъ по лицу земного шара, то станутъ понятны огромные размѣры производства такихъ машинъ. Во многихъ странахъ существуютъ колоссальныя фабрики для выдѣлки динамо и моторовъ (особенно въ Соединенныхъ Штатахъ и въ Германіи); въ эти фабрики затрачены сотни милліоновъ, въ нихъ работаютъ сотни тысячъ людей. Какъ примѣръ размѣровъ производства можемъ привести одну изъ такихъ фабрикъ, а именно «Всеобщую компанію электричества» въ Берлинѣ. Эта фабрика отправляетъ въ разныя страны земного шара *ежедневно* около *80* вагоновъ готовыхъ машинъ. Можно себѣ представить, сколько вырабатываютъ всѣ фабрики вмѣстѣ взятыя.

2. Передача силы на разстояніе, и различныя примѣненія электричества.

Изъ того, что читателю уже извѣстно изъ физики и изъ статьи о динамомашинахъ, ясно, что электричество можетъ служить для перенесенія *силы* или, какъ выражаются иначе, *энергіи* изъ одного мѣста въ другое. Полученная помощью какой-либо движущей силы и динамомашины электрическая энергія можетъ быть передана въ любое другое мѣсто и здѣсь использована въ какомъ угодно видѣ: снова въ видѣ движущей силы помощью электромоторовъ, въ видѣ свѣта помощью разныхъ электрическихъ лампъ, въ видѣ теплоты помощью электрическихъ печей и т. п. Идея ясна, удобства такого способа передачи энергіи тоже очевидны, но задача практическаго ея выполненія оказалась далеко не легкою. Дѣло въ томъ, что въ вопросахъ техники приходится считаться не только съ удобствами, безопасностью, изяществомъ, но также и со стоимостью, такъ какъ, въ концѣ-концовъ, удешевленіе работы, главнымъ образомъ, заставляетъ искать и переходить на новые способы работы. Такъ случилось и съ электрической передачей силы, которая долго оставалась только интереснымъ научнымъ опытомъ, и только послѣднія десятилѣтія стала въ обширныхъ размѣрахъ примѣняться на практикѣ, когда были не только выработаны системы, сдѣлавшія такой способъ наиболѣе дешевымъ, но еще оказалась возможность использовать такіе источники энергіи, которыхъ другимъ способомъ использовать почти нельзя было. Мы говоримъ о громадныхъ запасахъ водяной силы въ видѣ водопадовъ и рѣкъ съ быстрымъ теченіемъ. Эти силы давно обращали на себя вниманіе техниковъ, но ими

не всегда можно было воспользоваться, такъ какъ большею частью онѣ находились не тамъ, гдѣ онѣ нужнѣе, а удобныхъ и дешевыхъ способовъ передачи ихъ энергіи не было. Только съ развитіемъ электротехники такіе способы были найдены.

Главнѣйшее затрудненіе заключалось въ уменьшеніи *потерь* при передачѣ. Чтобы уяснить, въ чемъ выражаются потери, предположимъ, что отъ водопада, находящагося въ 10 верстахъ отъ города, требуется передать силу въ городъ для приведенія въ дѣйствіе какой-либо фабрики, напр., мукомольной мельницы. Для этого у водопада устанавливается водяной двигатель—*водяная турбина*, приводящая во вращеніе якорь динамомашины; отъ щетокъ этой машины идутъ проволоки (не менѣе двухъ) до мельницы, гдѣ онѣ присоединены къ щеткамъ электромотора, который уже приводитъ въ движеніе всѣ мельничныя машины. Прежде всего турбина не передаетъ всей полученной отъ воды силы динамомашинѣ, а также мельничные механизмы не получаютъ всей развиваемой электромоторомъ силы; но эти потери, не зависящія отъ передачи, были бы тѣ же самыя, если бы мельница стояла у самаго водопада. Затѣмъ идутъ потери на передачѣ: динамомашина не всю полученную энергію превращаетъ въ электричество; проволоки не всю электрическую энергію доставляютъ электромотору, этотъ послѣдній не всю полученную электрическую энергію превращаетъ въ механическую. Какъ мы видѣли, въ динамомашинахъ и электромоторахъ теряется немного, около 4%, получаемой энергіи въ каждомъ; но зато въ проводахъ теряется очень много. Когда по проволокѣ проходитъ токъ, то она нагрѣвается, притомъ тѣмъ больше, чѣмъ *сильнѣе токъ* и чѣмъ *больше сопротивленіе проволоки* (Физика, стр. 98). На это, никому не нужное, нагрѣваніе уходитъ часть передаваемой электрической энергіи, пропорціональная количеству полученнаго въ проволокѣ тепла. Въ длинныхъ линіяхъ, какъ въ нашемъ примѣрѣ 20 верстъ (10 туда и 10 обратно), сопротивленіе проволокъ должно быть велико, слѣдовательно, и потеря на нагрѣваніе также велика. Чтобы ее по возможности уменьшить, приходится брать проволоку изъ матеріала, хорошо проводящаго электричество и возможно большей толщины (физика, 96 стр.). Наиболѣе подходящій матеріалъ для проволоки — мѣдь, къ сожалѣнію, слишкомъ дорога, чтобы можно было брать очень толстые провода; затрата на мѣдь можетъ оказаться такъ велика, что передача выйдетъ невыгодною. Поэтому уменьшенія потери на нагрѣваніе стремятся достигнуть путемъ *уменьшенія силы* притекающаго тока при соотвѣтственномъ *повышеніи напряженія*, такъ какъ количество доставляемой электрическимъ токомъ работы *пропорціонально силѣ* его и *напря-*

женію. Это совершенно сходно съ работою воды въ зависимости отъ напора, подъ которымъ она течетъ: одно и то же количество воды можетъ доставлять тѣмъ больше работы, чѣмъ подъ бо́льшимъ напоромъ она течетъ; напримѣръ, при вдвое большемъ напорѣ можно ту же работу выполнить половиннымъ количествомъ воды. Здѣсь количество воды соотвѣтствуетъ силѣ электрическаго тока, а напоръ ея — напряженію, или развиваемой динамомашиною электродвижущей силѣ. Слѣдовательно, для той же передаваемой работы, при томъ же сопротивленіи проволоки, при повышеніи напряженія потеря на нагрѣваніе проволоки уменьшается, такъ какъ требуется меньшая сила тока. Это есть принципъ современныхъ передачъ на большія разстоянія: возможно *малая сила* тока при возможно *большемъ напряженіи*. Но и тутъ встрѣчается цѣлый рядъ трудностей при обращеніи съ токами высокаго напряженія. Идущія отъ динамомашины проволоки, а также проволоки самой машины должны быть хорошо изолированы, иначе будетъ происходить потеря электричества, какъ утечка воды изъ недостаточно плотныхъ водопроводныхъ трубъ; но чѣмъ выше напряженіе, тѣмъ труднѣе подобрать хорошую изоляцію и предупредить утечку, какъ и въ водопроводныхъ трубахъ при большомъ напорѣ. Въ особенности это трудно сдѣлать въ машинахъ, гдѣ проволоки обмотокъ, пластинки коллекторовъ и т. п. по необходимости лежатъ очень близко другъ къ другу; это настолько трудно, что пришлось отказаться отъ полученія токовъ высокаго напряженія непосредственно отъ машинъ. Оказалось, удобнѣе токъ отъ динамомашины пустить въ особые приборы, повышающіе напряженіе, называемые *трансформаторами*, а изъ трансформаторовъ уже токъ высокаго напряженія—въ *линейные провода*. На пріемной станціи (на мельницѣ) происходитъ обратный процессъ: линейные провода высокаго напряженія входятъ въ трансформаторъ для пониженія, а изъ него токъ низкаго напряженія вступаетъ въ электромоторъ. Существуютъ приборы, повышающіе напряженіе какъ для постояннаго, такъ и для перемѣннаго тока, такъ что передача можетъ производиться какъ постояннымъ, такъ и перемѣннымъ токомъ; но такъ какъ устройство трансформаторовъ перемѣннаго тока гораздо проще, изоляція въ нихъ достигается легче, то передача на большія разстоянія производится *исключительно перемѣннымъ токомъ*.

Устройство трансформатора основано на явленіи *индукціи* (Физика, стр. 106); спираль Румкорфа представляетъ одинъ изъ видовъ трансформаторовъ. Если на желѣзномъ кольцѣ имѣются двѣ обмотки, изъ которыхъ одна соединена съ источникомъ электрическаго тока, то каждый разъ, какъ токъ замыкается

или размыкается, во второй обмоткѣ появляется на короткое время электродвижущая сила — при замыканіи въ одну сторону, при размыканіи въ другую. Когда по первой обмоткѣ *(первичной)* проходитъ перемѣнный токъ, то и во второй *(вторичной)* также будетъ проходить перемѣнный токъ, если ея концы замкнуты на какую-нибудь цѣпь. Такъ какъ въ каждомъ оборотѣ вторичной обмотки появляется опредѣленная электродвижущая сила и всѣ эти электродвижущія силы складываются, то въ результатѣ на концахъ этой обмотки напряженіе будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше оборотовъ она имѣетъ, сила же тока въ ней соотвѣтственно уменьшается, такъ какъ каждый оборотъ вноситъ въ цѣпь добавочное сопротивленіе. Теперь понятно, что, измѣняя количество оборотовъ, мы можемъ сдѣлать напряженіе во вторичной обмоткѣ выше или ниже, чѣмъ въ первичной; сила тока будетъ мѣняться непремѣнно въ обратномъ смыслѣ, такъ какъ при повышеніи напряженія сила тока должна непремѣнно понизиться. Отчасти для охлажденія, а главное для лучшей изоляціи большіе трансформаторы помѣщаютъ въ желѣзные баки, наполненные минеральнымъ масломъ. На черт. 267 изображенъ малый трансформаторъ. Вообще говоря, трансформаторы работаютъ очень экономно. въ нихъ пропадаетъ (на нагрѣваніе) только около 2—3% передаваемой работы.

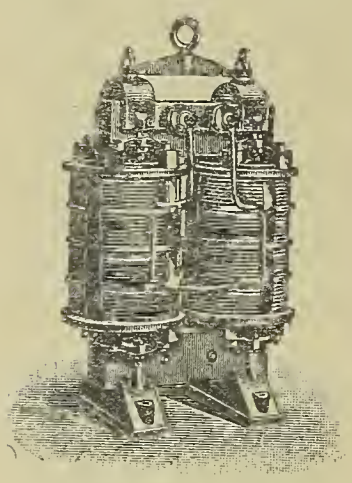
При помощи трансформаторовъ можно очень далеко итти въ повышеніи напряженія. Не останавливаясь на подробныхъ объясненіяхъ разныхъ электрическихъ единицъ, скажемъ только, что для электродвижущей силы и напряженія принята единица, называемая *вольтъ* (элементъ Даніеля имѣетъ около 1 вольта), для силы тока единица называется *амперъ*, для сопротивленій—*омъ*, для мощности (работы въ 1 секунду) — *ваттъ*. Эти единицы связаны между собою такъ: одинъ *вольтъ* въ проводникѣ съ сопротивленіемъ въ одинъ *омъ* даетъ силу тока въ одинъ *амперъ*, токъ въ 1 *амперъ*, подъ напряженіемъ въ 1 *вольтъ*, даетъ мощность въ 1 *ваттъ*.

Динамомашины и электромоторы, вслѣдствіе трудности изоляціи, рѣдко дѣлаются для напряженія выше 1.000 вольтъ. Трансформаторами это напряженіе повышается до 50.000—100.000. послѣднее время уже есть передачи съ напряженіемъ до 160.000 вольтъ. Въ такомъ видѣ энергія по проволокамъ передается на десятки и сотни верстъ; затѣмъ при помощи второго трансформатора понижается до напряженія, годнаго для непосредственнаго пользованія. Обращеніе съ проводами такого высокаго напряженія требуетъ большой осторожности, такъ какъ даже напряженія въ

300—500 вольтъ, въ особенности перемѣнныя, бываютъ уже опасны для жизни человѣка.

Въ настоящее время существуетъ уже довольно много установокъ для передачи силы на 100—200 верстъ; но такія предпріятія возникаютъ только для передачи очень большихъ силъ, требуютъ громадныхъ затратъ и потому устраиваются только тамъ, гдѣ существуетъ большой спросъ на силу и особенно благопріятныя условія источниковъ силы, напримѣръ, большіе водопады съ большимъ паденіемъ. Впрочемъ, часто находятъ выгоднымъ устраивать центральныя станціи съ паровыми двигателями для обслуживанія округовъ верстъ на 50 отъ станціи.

Гораздо чаще приходится передавать электрическую энергію отъ сравнительно небольшихъ центральныхъ станцій, работающихъ водою или паровыми машинами, на сравнительно небольшія разстоянія, напримѣръ, въ предѣлахъ города. Въ этомъ случаѣ нѣтъ надобности прибѣгать къ очень высокимъ напряженіямъ, довольствуются напряженіемъ въ 3.000 — 6.000 вольтъ, которое при помощи трансформаторовъ, размѣщенныхъ въ разныхъ частяхъ города *(подстанціи)*, понижается до напряженія, нужнаго потребителямъ.

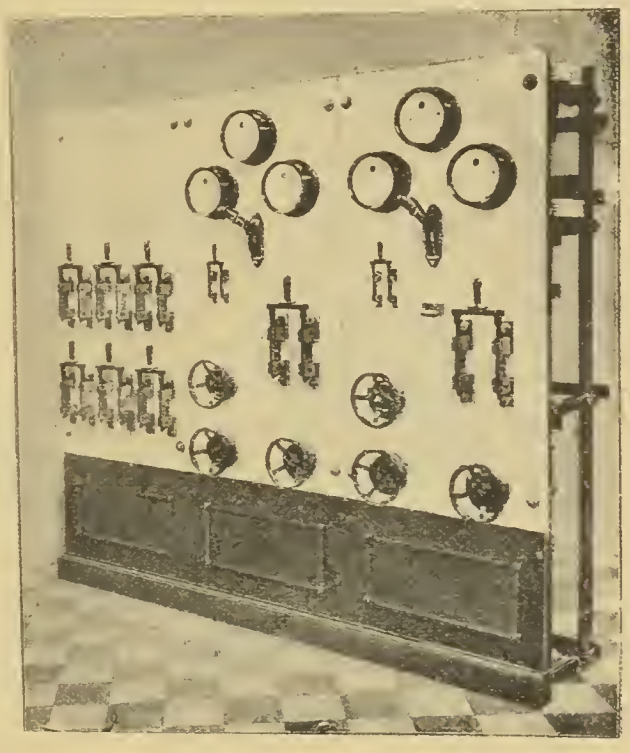


Черт. 266. Малый трансформаторъ.

Въ небольшихъ городахъ, гдѣ разстоянія не велики, нѣтъ надобности въ трансформаторахъ и подстанціяхъ, а прямо со станціи, вырабатывающей электричество, отъ щетокъ динамомашинъ токъ доставляется къ мѣстамъ потребленія. Въ такомъ случаѣ предпочитаютъ пользоваться постояннымъ токомъ, избавляются отъ затратъ на трансформированіе тока и допускаютъ бо́льшія потери въ проводахъ.

Электрическая передача силы нашла себѣ большое примѣненіе на фабрикахъ и заводахъ, гдѣ она постепенно вытѣсняетъ передачу при помощи валовъ и ремней. На многихъ фабрикахъ оказалось выгоднѣе и удобнѣе при каждомъ станкѣ или машинѣ ставить отдѣльный электромоторъ, къ которому подводится токъ отъ *центральной станціи* (собственной фабричной, или общей для нѣсколькихъ фабрикъ, или городской). При этомъ каждый станокъ работаетъ независимо отъ другихъ, управленіе имъ значительно облегчается, а къ тому же фабрика освобождается отъ ремней, которые такъ опасны для рабочихъ.

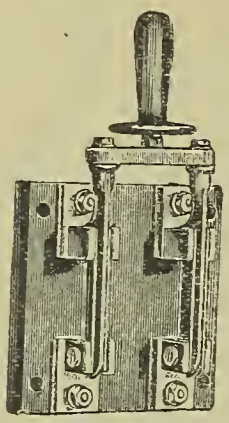
Какъ бы ни пользовались токомъ отъ динамомашинъ, во всякомъ случаѣ на всѣхъ станціяхъ, даже самыхъ маленькихъ, токъ отъ щетокъ никогда не соединяется непосредственно съ линіею, какъ мы это говорили для простоты, а всегда подводится къ *распредѣлительной доскѣ* (черт. 267), на которой сосредоточены измѣрительные приборы для напряженія *(вольтметры)* и силы тока *(амперметры)* приборы для регулированія напряженія и силы тока *(реостаты)*, такъ что дежурящій у доски человѣкъ не только видитъ работу машинъ, но въ случаѣ надобности можетъ ее исправлять. На доскѣ же помѣщаются приборы для выключенія тока *(рубильники)* (черт. 268) ручные и автоматическіе, *предохранители* (черт. 269) и т. п. Доска обыкновенно дѣлается изъ негорючаго, хорошо изолирующаго матеріала, напримѣръ, изъ мрамора. Уже отъ доски идутъ провода къ линейнымъ проводамъ или къ трансформаторамъ, при чемъ каждая линія или трансформаторъ имѣютъ на доскѣ свой включатель такъ же, какъ и каждая динамомашина, если ихъ работаетъ нѣсколько. Такъ какъ толщина проводовъ должна соотвѣтствовать силѣ протекающаго по нимъ тока, то идущіе непосредственно отъ станціи будутъ самые толстые *(магистральные)*, но мѣрѣ же того, какъ отъ нихъ отвѣтвляются провода къ потребителямъ, они дѣлаются все тоньше, совершенно такъ же, какъ водопроводныя трубы.



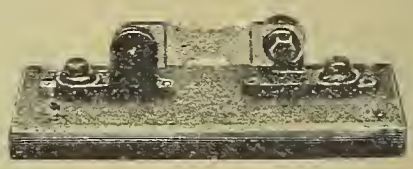
Черт. 267. Мраморная распредѣлительная доска. Вверху амперметры и вольтметры, слѣва рубильники, внизу маховички — рукоятки реостатовъ, помѣщенныхъ позади доски.

Провода дѣлаются изъ красной мѣди, только въ самое послѣднее время въ нѣкоторыхъ мѣстахъ стали употреблять *алюминіевые*. Употребляются провода или въ видѣ отдѣльныхъ проволокъ (только для тонкихъ проводовъ), или въ видѣ проволочныхъ канатовъ—*кабелей*, представляющихъ то преимущество, что

они гибки и неломки. *Голые* провода употребляются только для наружныхъ, подвѣшенныхъ на изоляторахъ, внутри же зданій и при прокладкѣ въ землѣ или въ водѣ провода берутся *изолированные*. Для этого проволоки или кабели покрываются снаружи такими гибкими изолирующими веществами, какъ резина, шелкъ, нитки, просмоленныя бумажныя, джутовыя или пеньковыя нитки, бумага и т. п. Когда требуется особенно хорошая изоляція, то она дѣлается въ нѣсколько слоевъ; если нужно проводъ предохранить отъ сырости, то онъ послѣ покрытія изолирующими веществами задѣлывается въ сплошную свинцовую трубку, а если его еще нужно предохранить отъ раздавливанія или другихъ металлическихъ поврежденій, то сверхъ всего наматываютъ спиралью стальную ленту, а на нее просмоленныя нитки — въ такомъ видѣ они могутъ быть уложены въ землю или въ воду.



Черт. 268. Рубильникъ для двухъ проводниковъ (двуполюсный). Провода присоединяются къ двумъ верхнимъ и двумъ нижнимъ проводамъ. При поворачиваніи рукоятки внизъ, путь для тока разрывается — цѣпь разомкнута.



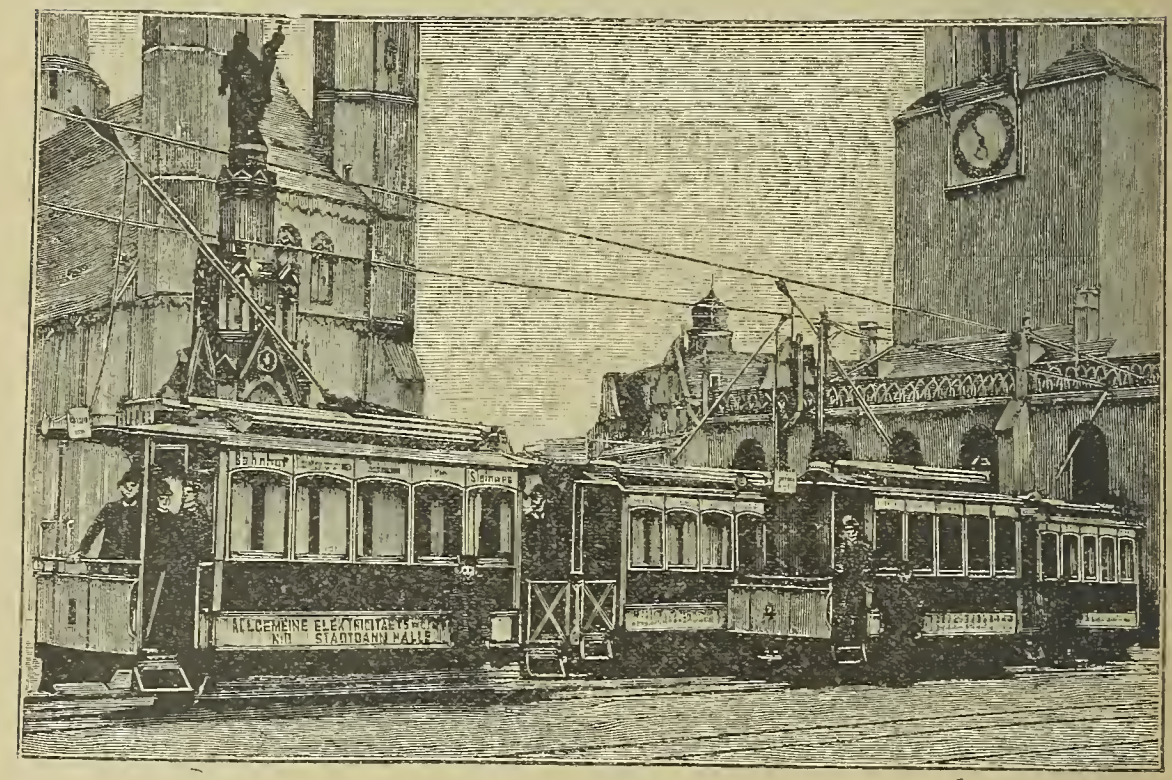
Черт. 269. Предохранитель для одного провода (однополюсный). Токъ подводится и отводится черезъ зажимы на доскѣ и проходитъ черезъ свинцовую пластинку (надъ доскою). При слишкомъ сильномъ токѣ пластинка плавится, токъ прерывается, чѣмъ устраняется опасность сгоранія проводовъ.

Для проводки и подвѣски голыхъ или слабо изолированныхъ проводовъ пользуются разной формы стеклянными или фарфоровыми *изоляторами*, чтобы избѣжать прикасанія проводовъ ковсему, что можетъ проводить токъ: черезъ стѣны ихъ проводятъ въ *трубкахъ*.

Одно изъ замѣчательныхъ примѣненій передачи силы помощью электричества представляютъ *электрическія желѣзныя дороги*, которыя дѣлаются двояко: источникъ электрическаго тока можетъ находиться въ самомъ движущемся вагонѣ, или токъ отъ центральной станціи подводится къ нимъ по проводамъ. Въ первомъ случаѣ пользуются *электрическими аккумуляторами* (см. слабые токи), которые находятся внутри вагона и заряжаются во время стоянки на станціяхъ; во второмъ же — вагоны снабжаются приспособленіями для пріема электрическаго тока во время

движенія отъ провода *(рабочій проводъ)*, который тянется вдоль всего пути надъ рельсами. Приспособленіе это состоитъ изъ установленнаго на крышѣ вагона *шеста* или *рамы*, несущихъ на верхнемъ своемъ концѣ металлическую *дугу* или *ролик*ъ. Помощью пружины шестъ поддерживается въ такомъ положеніи, чтобы дуга или ролик*ъ* были прижаты снизу къ рабочему проводу (черт. 270). Рабочій проводъ получаетъ отъ станціи токъ, который далѣе по дугѣ или ролику и шесту проникаетъ внутрь вагона. Затѣмъ токъ проходитъ подъ вагонъ, гдѣ вступаетъ въ электромоторы, прикрѣпленные къ рамѣ вагона, и по желѣзнымъ частямъ рамы, осей и колесъ переходитъ въ рельсы, по которымъ возвращается назадъ къ станціи. Валы моторовъ помощью зубчатыхъ колесъ сообщаютъ вращеніе колесамъ вагона. Въ виду того, что рабочій проводъ постоянно подвергается тренію и, кромѣ того, не можетъ быть сдѣланъ очень толстымъ, онъ получаетъ токъ не прямо отъ станціи, а отъ особыхъ *питательныхъ проводовъ*, идущихъ сбоку линіи. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ эти провода соединяются проволокою съ рабочимъ проводомъ. Помощью особыхъ держателей въ видѣ щипчиковъ и стальныхъ проволокъ, прикрѣпленныхъ къ столбамъ, рабочій проводъ подвѣшивается такъ, чтобы на всемъ протяженіи пути онъ приходился какъ разъ надъ серединой между рельсами и чтобы нижняя его его сторона была совершенно свободна для лучшаго прикасанія дуги или ролика. Идущіе отъ ролика провода, прежде чѣмъ вступить въ электромоторы, проходятъ черезъ особый распредѣлительный аппаратъ-*контролеръ*, назначеніе котораго состоитъ въ томъ, чтобы по произволу можно было включать, выключать, усиливать или ослаблять токъ въ моторахъ, т.-е. чтобы, по мѣрѣ надобности, измѣнять силу тяги и скорость движенія вагона. Для этой цѣли контролеръ снабжается сверху рукояткой, позволяющей легко производить эти манипуляціи. Моторы должны быть хорошо прикрыты кожухами для предохраненія отъ воды, пыли и грязи. Какъ мы видѣли, токъ возвращается къ станціи по рельсамъ, т.-е. рельсы служатъ вторымъ проводомъ, а потому надо принять мѣры, чтобы рельсы достаточно хорошо проводили токъ. Въ такомъ видѣ устраиваются городскія желѣзныя дороги, трамваи, гдѣ каждый вагонъ движется самостоятельно. Послѣднее время возникло стремленіе замѣнить на желѣзныхъ дорогахъ паровую тягу электрическою. Въ этомъ случаѣ паровозъ замѣняется *электровозомъ*, работающимъ по тому же принципу, какъ и трамвайные вагоны, только съ тою разницею, что онъ снабжается гораздо болѣе сильными электромоторами, такъ какъ онъ долженъ тянуть цѣлый поѣздъ, и часто снабжается двумя

или тремя дугами для пріема тока. въ особенности когда не пользуются рельсами, какъ вторымъ проводомъ, а дѣлаютъ два, три рабочихъ провода. Такая электрическая тяга оказывается особенно выгодной въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ электрическая энергія обходится дешево, т.-е. въ странахъ, богатыхъ водяной силой. Между городскими трамваями и желѣзными дорогами есть еще разница въ напряженіи, которымъ работаютъ моторы: для трамваевъ въ видахъ безопасности пользуются напряженіемъ около 500 вольтъ, для желѣзныхъ же дорогъ, въ виду длины линіи и для умень-



Черт. 270. Трамвайные вагоны съ воздушными рабочими проводами. къ которымъ снизу прижимается роликъ. находящійся на концѣ шеста.

шенія потерп въ проводахъ приходится пользоваться токами высокаго напряженія, которое раньше, чѣмъ вступить въ электромоторы, трансформируется въ болѣе низкое помощью трансформаторовъ, помѣщенныхъ на самомъ электровозѣ.

Электричество нашло себѣ обширное примѣненіе на фабрикахъ и заводахъ помимо освѣщенія и механической работы еще для полученія высокихъ температуръ и для нѣкоторыхъ химическихъ процессовъ. Температура вольтовой дуги (см. электр. осв.) одна изъ самыхъ высокихъ, какія только удается получить, и на ея примѣненіи основано устройство *электрическихъ плавильныхъ пе-*

чей (см. металлургію, статью алюминій), въ которыхъ могутъ быть расплавлены почти всѣ извѣстные намъ металлы и минералы. Благодаря электрическимъ печамъ удалось получить такія вещества, которыхъ раньше не знали и которыя быстро получили практическое примѣненіе. Таковы *карборундъ*, замѣняющій наждакъ, получаемый сплавленіемъ угля съ пескомъ, и *карбидъ кальція*, получаемый сплавленіемъ угля съ известью, примѣняемый для полученія особаго освѣтительнаго газа — ацетилена, а также для нѣкоторыхъ другихъ цѣлей.

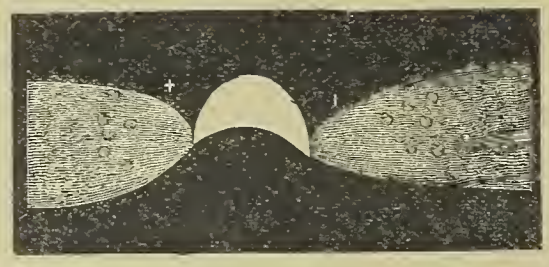
Послѣднее время стали въ обширныхъ размѣрахъ примѣнять на фабрикахъ химическія дѣйствія тока (см. Физику, 99 стр.), сами по себѣ или въ соединеніи съ высокой температурой. Такъ, почти вся мѣдь, употребляемая для проводовъ, очищается электролизомъ (см. металлургію желѣза, мѣди, алюминія). Упомянемъ еще объ одномъ примѣненіи электричества въ химическихъ производствахъ, а именно для полученія селитры изъ воздуха (см. химич. технол. ст. Большая химическая промышленность).

3. Электрическое освѣщеніе.

Когда по проводнику проходитъ электрическій токъ, то проводникъ болѣе или менѣе нагрѣвается. При достаточно тонкомъ проводникѣ нагрѣваніе можетъ дойти до накаливанія и даже свѣченія, сила котораго зависитъ не только отъ температуры, но и отъ другихъ свойствъ проводника. Приборы для полученія свѣта помощью электричества называются *электрическими лампами*. Если для полученія свѣта пользуются накаливаніемъ твердыхъ проводниковъ, то лампы называются лампами накаливанія въ отличіе отъ такъ называемыхъ дуговыхъ лампъ, основанныхъ на накаливаніи газообразнаго слоя и концовъ угольныхъ стержней. Когда пропускаютъ токъ черезъ два горизонтальныхъ угольныхъ стержня, касающихся концами, то никакого свѣченія нѣтъ, развѣ только слабое нагрѣваніе въ точкѣ соприкасанія углей: но если угли немного раздвинуть, то концы ихъ накаливаются и начинаютъ свѣтиться, а между ними появляется выгнутая вверхъ свѣтящаяся дуга (черт. 271)—*вольтова дуга*. Этимъ явленіемъ пользуются въ дуговыхъ лампахъ для полученія свѣта, только тогда угли обыкновенно стоятъ вертикально одинъ надъ другимъ. Угли накаливаются такъ сильно, что происходитъ ихъ испареніе (улетучиваніе), а частью также сгораніе. Вслѣдствіе этого угли укорачиваются, дуга удлиняется, сопротивленіе току увеличивается и, наконецъ, дуга тухнетъ, если нѣтъ приспособленія для сближенія углей, по мѣрѣ ихъ укорачиванія. Такое приспособленіе

называется *регуляторомъ*. Въ ручномъ регуляторѣ разстояніе между углями (длина пути) поддерживается отъ руки; но для освѣщенія важны автоматическіе регуляторы, механизмъ которыхъ сближаетъ угли по мѣрѣ ихъ обгоранія и зажигаетъ дугу, если она почему-либо потухла.

Сила свѣта разныхъ частей вольтовой дуги очень различна. Сама дуга свѣтитъ мало, главнымъ же образомъ свѣтятъ накаленные концы углей. Если дуга свѣтитъ отъ тока постояннаго направленія, то форма концовъ углей и ихъ температура получается разная (черт. 272), а именно, уголь, соединенный съ положительнымъ полюсомъ, получаетъ впадину — *кратеръ*, а на отрицательномъ, противъ кратера, получается наростъ. Въ углубленіи кратера получается самая высокая температура, и оттуда исходитъ самый сильный свѣтъ, а потому дуговыя лампы дѣлаются такъ, чтобы возможно лучше использовать именно эту часть дуги. Положительный уголь снабжаютъ *фитилемъ*, т.-е. онъ имѣетъ въ срединѣ во всю длину каналъ, заполненный болѣе рыхлою и легче выгорающей угольной массою. Назначеніе фитиля — поддерживать кратеръ постоянно въ центрѣ угля.



Черт. 371. Вольтова дуга между двумя углями.

Дѣйствіе автоматическихъ регуляторовъ основано на томъ, что сопротивленіе дуги прохожденію тока увеличивается при ея удлиненіи, т.-е. при укорачиваніи углей сила проходящаго черезъ нихъ тока уменьшается. Если тотъ же токъ проходитъ по обмоткѣ электромагнита, то по мѣрѣ удлиненія дуги электромагнитъ становится слабѣе и слабѣе притягиваетъ къ себѣ желѣзный якорь. Это опусканіе якоря электромагнитомъ можетъ быть использовано для сближенія углей.

Регуляторъ представляетъ довольно сложный механизмъ, въ которомъ электромагнитъ поддерживаетъ постоянное разстояніе между концами углей, задерживая или опуская систему зубчатыхъ колесъ въ родѣ часового механизма. На чертежѣ 273 представленъ одинъ изъ такихъ регуляторовъ. Одно изъ колесъ огибается цѣпочкой, несущей на одномъ концѣ угледержатель съ верхнимъ положительнымъ углемъ W, а на другомъ подставку съ нижнимъ отрицательнымъ углемъ. Верхній уголь тяжелѣе нижняго, такъ что самъ по себѣ механизмъ стремится угли сблизить, но этому мѣшаетъ крючокъ, задерживающій крылатку g;

если же электромагнитъ *a* втянетъ якорь *c*, то крылатка освобождается, зубчатыя колеса приходятъ въ движеніе и угли дѣйствительно сближаются.

Въ дуговыхъ лампахъ регуляторъ обыкновенно помѣщается въ верхней части, оставляя пространство ниже дуги по возможности свободнымъ.

При перемѣнномъ токѣ форма обоихъ углей получается одинаковая, такъ какъ кратеръ появляется поочередно то на верхнемъ, то на нижнемъ углѣ. Оба угля сгораютъ одинаково быстро, и потому оба угля берутся одинаковой толщины. Для того, чтобы дуга не обрывалась, не тухла и чтобы не было непріятнаго миганія свѣта, направленіе тока должно мѣняться достаточно быстро — не менѣе 40 разъ въ секунду.

Черт. 272. Видъ углей въ вольтовой дугѣ.

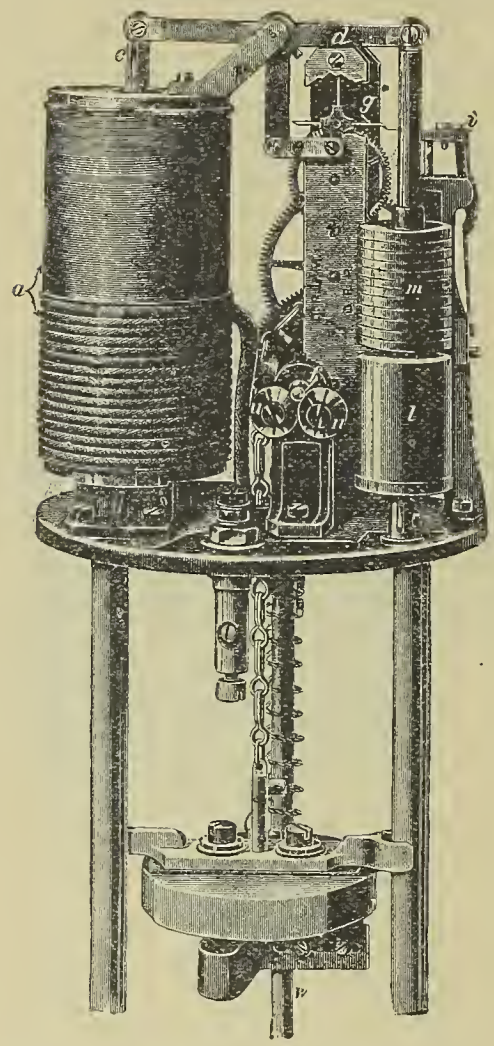
Такъ какъ сила свѣта, испускаемаго кратеромъ вольтовой дуги, очень велика, а поверхность самаго кратера небольшая, то свѣтъ производитъ на глазъ непріятное ослѣпляющее дѣйствіе и тѣни получаются очень рѣзкія. Чтобы уменьшить это неудобство, лампы помѣщаются въ стеклянные опаловые или молочные шары, которые смягчаютъ свѣтъ, но зато поглощаютъ его очень много — пропадаетъ отъ $^1/_4$—$^1/_2$ всего свѣта.

По силѣ свѣта дуговыя лампы представляютъ большое разнообразіе, и соотвѣтственно этому затрата электрической энергіи на нихъ также очень различна. Но и для одинаковаго количества свѣта лампы разныхъ системъ требуютъ большей или меньшей затраты энергіи. Вообще говоря, относительная затрата энергіи для лампъ одной и той же системы въ большихъ лампахъ меньше, чѣмъ въ малыхъ, т.-е., напримѣръ, вмѣсто 2 лампъ выгоднѣе взять одну вдвое большую, такъ какъ она беретъ меньше энергіи при томъ же количествѣ свѣта.

Какъ бы ни былъ хорошо устроенъ регуляторъ, онъ все-таки не можетъ поддерживать силу тока въ дугѣ совершенно постоянной, происходятъ маленькія колебанія ея, которыя вызываютъ большія и очень непріятныя колебанія въ силѣ свѣта. Для устраненія этихъ колебаній при каждомъ фонарѣ имѣется проволочный *реостатъ*, сопротивленіе котораго настолько велико

въ сравненіи съ тѣми колебаніями въ сопротивленіи дуги, какія допускаются регуляторомъ, что въ общемъ эти колебанія становятся незамѣтными.

Особый видъ дуговой лампы представляетъ *ртутная дуговая лампа*, въ которой вольтова дуга получается въ запаянной стеклянной трубкѣ, въ концы которой впаяны платиновыя проволоки, кончающіяся внутри желѣзными или угольными наконечниками. Въ трубку влито немного ртути, и передъ залаиваніемъ изъ нея выкачивается весь воздухъ. Если теперь къ наружнымъ концамъ платиновыхъ проволокъ подвести токъ, а самую трубу наклонить такъ, чтобы ртуть въ видѣ металлической нити перелилась отъ одного наконечника къ другому, то вся труба заполняется сильнымъ свѣтомъ. Большое неудобство этихъ лампъ слишкомъ синій цвѣтъ испускаемаго свѣта, искажающій натуральные цвѣта и сообщающій человѣческимъ лицамъ мертвенный оттѣнокъ. Эта лампа сравнительно мало нагрѣвается и потому болѣе всѣхъ другихъ приближается къ идеальной. Идеальной была бы лампа, которая совсѣмъ не нагрѣвалась бы, а превращала бы всю электрическую энергію въ свѣтъ — давала бы *холодный свѣтъ*, въ родѣ того, какой испускаетъ, напримѣръ, свѣтящееся насѣкомое (свѣтляки).



Черт. 273. Механизмъ дифференціальнаго регулятора; *a*—катушка съ двумя обмотками, *c*—якорь изъ мягкаго желѣза, *g*—крылатка и задерживающая собачка, *n*—верхній (положительный уголь).

Другой типъ электрическихъ лампъ основанъ на накаливаніи нитей изъ различныхъ проводящихъ веществъ безъ ихъ сгоранія — *лампъ накаливанія*. Для полученія возможно большаго количества свѣта нить должна накаливаться добѣла, не плавясь и не размягчаясь. Подходящимъ матеріаломъ для нитей оказался уголь и нѣкоторые металлы. Чтобы предохранить нить отъ сго-

ранія, а также отъ потери тепла въ воздухѣ, нить помѣщается въ запаянный стеклянный сосудъ, изъ котораго предварительно удаленъ весь воздухъ.

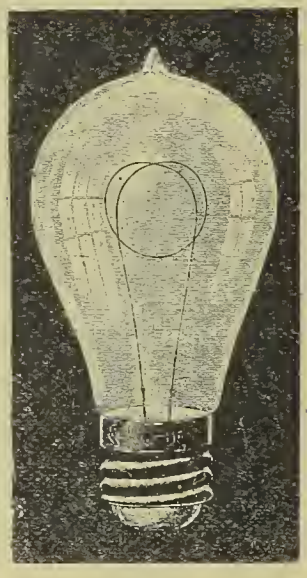
На черт. 274 лампа съ угольною нитью грушевидной формы. Концы изогнутой угольной нити прикрѣплены къ двумъ проволочкамъ, проходящимъ черезъ донышко, изъ которыхъ одна припаяна къ латунному кружку въ самомъ низу лампы, а другая къ латунной же трубкѣ или муфтѣ, надѣтой на нижнюю часть лампы *(цоколь)* и имѣющей вдавленную винтовую рѣзьбу. Муфта изолирована отъ кружка помощью глиняной или гипсовой массы, которая вмѣстѣ съ тѣмъ служитъ связью между стеклянною грушею, муфтою и кружкомъ. Для подачи тока отъ проводовъ къ угольной нити лампа вставляется въ такъ называемый *патронъ*.

Хотя угольная нить не сгораетъ, но отъ сильнаго накаливанія уголь постепенно испаряется и садится въ видѣ темнаго налета на стѣнкахъ внутри лампы, нить становится все тоньше; при этомъ утонченіе идетъ всего быстрѣе въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ нить случайно и безъ того тоньше, такъ какъ въ этихъ мѣстахъ она сильнѣе накаливается, чѣмъ въ болѣе толстыхъ; дѣло кончается тѣмъ, что въ одномъ такомъ мѣстѣ нить разрывается, — говорятъ, лампа *перегорѣла*. *Долговѣчность* лампы зависитъ не только отъ способа ея изготовленія, но и отъ степени накаливанія нити. Изготовляемыя въ настоящее время лампы, при указанномъ на ея цоколѣ напряженіи, служатъ въ среднемъ около 800—1.000 часовъ. Но уже черезъ 600—700 часовъ горѣнія сила свѣта лампы начинаетъ уменьшаться какъ вслѣдствіе налета на стѣнкахъ, такъ и вслѣдствіе увеличенія ея сопротивленія оттого, что нить становится тоньше.

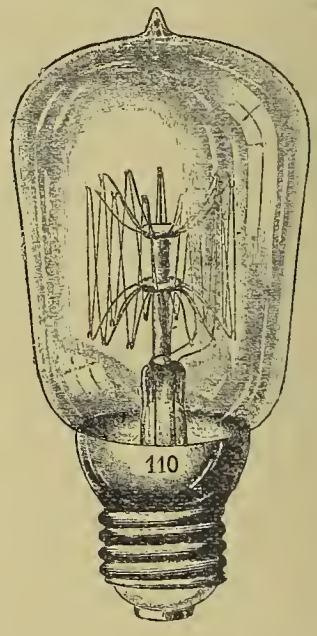
За послѣднія 7—8 лѣтъ появились въ продажѣ лампы съ *металлической нитью* изъ самыхъ тугоплавкихъ металловъ, какъ *танталлъ*, *осмій*, *вольфрамъ* и *цирконій*. При изготовленіи такихъ лампъ встрѣтились большія затрудненія. Металлы вообще проводятъ токъ гораздо лучше, чѣмъ уголь, а потому длина металлической нити должна быть гораздо больше, чѣмъ для угольной, толщина же значительно меньше, между тѣмъ металлы эти трудно поддаются вытягиванію въ тонкія проволоки, пришлось прибѣгнуть къ прессованію нитей изъ мельчайшаго металлическаго порошка. Получающіяся нити очень хрупки, при большой длинѣ и малой толщинѣ онѣ совершенно не могутъ держаться только на своихъ концахъ, какъ угольныя, и въ лампу приходится вводить особаго рода *подставки*, на которыя зигзагами навѣшивается нить (черт. 275). Свѣтъ металлическихъ лампъ очень бѣлый и мягкій, расходъ энергіи для нихъ въ 2—3 раза

меньше, чѣмъ для угольной, но цѣна самой лампы значительно дороже.

Если теперь сравнить лампы различныхъ системъ, то окажется, что самыя выгодныя — дуговыя лампы, но примѣненіе ихъ возможно лишь тамъ, гдѣ допустимы сильные источники свѣта, напримѣръ, для освѣщенія улицъ, большихъ мастерскихъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, гдѣ требуется дробленіе свѣта, т.-е. освѣщеніе мелкими лампами, приходится пользоваться лампами накаливанія, несмотря на то, что онѣ расходуютъ на то же количество свѣта гораздо больше электрической энергіи, и только



Черт. 274. Лампа накаливанія съ угольною нитью.



Черт. 275. Лампа накаливанія съ металлическою нитью (танталовая).

новѣйшія металлическія лампы накаливанія приближаются по экономности къ дуговымъ.

Что касается способа включенія лампъ въ сѣть, то лампы накаливанія всегда включаются *параллельно*, т.-е. каждая лампа получаетъ токъ непосредственно отъ проводовъ, что обезпечиваетъ каждой лампѣ независимость отъ остальныхъ. Дуговыя лампы въ виду низкаго ихъ напряженія и для уменьшенія расходовъ на провода включаются по нѣскольку штукъ *послѣдовательно*, при чемъ на случай порчи или потуханія каждая лампа имѣетъ приспособленіе, включающее токъ помимо лампы для того, чтобы горѣніе остальныхъ лампъ не нарушалось.

Стоимость электрическаго освѣщенія въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ электрическая энергія обходится дешево, напримѣръ, при помощи

водяной силы, выходитъ дешевле всѣхъ другихъ способовъ освѣщенія; тамъ же, гдѣ для полученія электрической энергіи пользуются паровыми машинами, электрическое освѣщеніе обходится нѣсколько дороже, чѣмъ, напр., освѣщеніе керосиновыми лампами. Несмотря на сравнительную дороговизну, электрическое освѣщеніе все больше и больше распространяется въ виду многихъ цѣнныхъ преимуществъ передъ другими способами освѣщенія: безопасность въ пожарномъ отношеніи, легкость ухода за лампами, отсутствіе копоти, дыма и вредныхъ газовъ и т. п.

4. Техника слабыхъ токовъ.

Настоящая глава посвящена приборамъ, для дѣйствія которыхъ достаточно токовъ малой силы, т.-е. нѣтъ надобности въ большихъ количествахъ электричества. Для добыванія такихъ малыхъ количествъ электричества можно довольствоваться гальваническими элементами (Физика, стр. 97), которыхъ имѣется очень много системъ, но мы опишемъ только три изъ наиболѣе употребительныхъ въ практикѣ.

Черт. 276. Элементъ Даніеля.

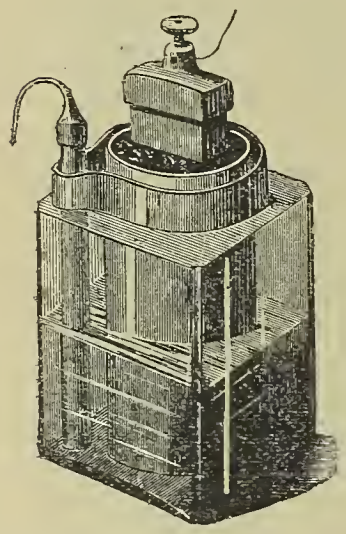
Элементъ *Даніеля* (черт. 276) состоитъ изъ стекляннаго или глинянаго глазированнаго сосуда, въ который послѣдовательно одинъ въ другой вставлены свернутый въ трубку цинкъ, пористый (неглазированный) глиняный сосудъ и свернутый въ трубку мѣдный листъ. Въ пористый сосудъ налитъ растворъ мѣднаго купороса, а въ промежутокъ между пористымъ и наружнымъ сосудами — разведенная сѣрная кислота или цинковый купоросъ. Дѣйствіе элемента происходитъ такъ: изъ мѣднаго купороса мѣдь осаждается на мѣдномъ листѣ, а сѣрная кислота (изъ мѣднаго купороса) проходитъ черезъ пористый сосудъ и здѣсь растворяетъ цинкъ; при этомъ между мѣдью и цинкомъ появляется электродвижущая сила, которая можетъ проявиться въ видѣ тока, если они соединены какимъ-нибудь проводникомъ. Электродвижущая сила элемента Даніеля около 1 вольта.

Элементъ *Лекланше* (черт. 277) отличается тѣмъ, что въ немъ только одна жидкость — растворъ нашатыря и тѣмъ, что въ пористый сосудъ вокругъ угольнаго стержня набивается порошокъ изъ смѣси перекиси марганца съ толченымъ коксовымъ углемъ. Иногда вмѣсто пористаго сосуда съ этой смѣсью къ угольному стержню прижаты два бруска, спрессованные изъ той же смѣси. Въ этомъ элементѣ происходитъ разложеніе воды такимъ обра-

зомъ, что кислородъ воды соединяется съ цинкомъ, а водородъ соединяется съ кислородомъ перекиси марганца. Его электродвижущая сила около 1,4 вольта. Элементъ Лекланше даетъ очень слабый токъ, но преимущество его то, что онъ при слабомъ токѣ, особенно съ перерывами, можетъ долго работать.

Всѣ эти элементы даютъ токъ на счетъ растворенія цинка (отрицательный полюсъ), и самый существенный недостатокъ ихъ, какъ, впрочемъ, и всѣхъ элементовъ, тотъ, что цинкъ расходуется даже и тогда, когда цѣпь не замкнута и, слѣдовательно, нѣтъ тока.

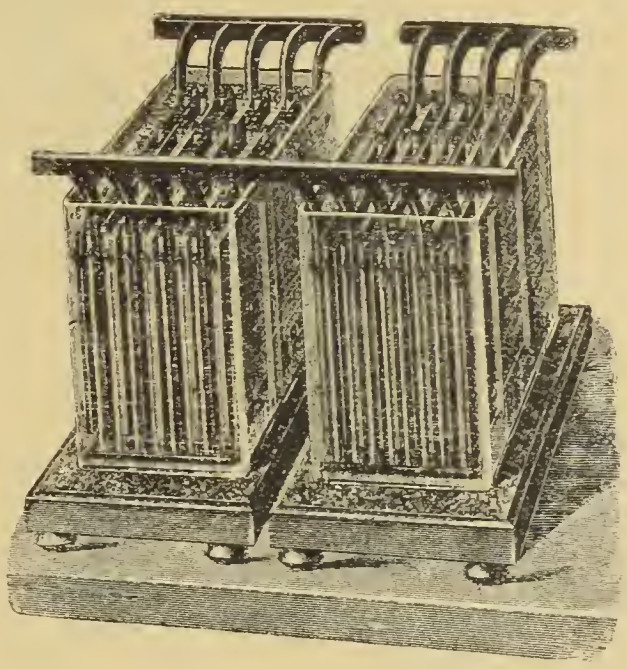
Особый видъ гальваническихъ элементовъ представляютъ такъ называемые *аккумуляторы* или вторичные элементы. Если въ разведенную сѣрную кислоту опустить двѣ свинцовыя пластинки, другъ друга не касающіяся, и черезъ нихъ нѣкоторое время пропускать токъ, то на той пластинкѣ, которая была соединена съ положительнымъ полюсомъ, образуется бурая перекись свинца, и въ такомъ видѣ эти двѣ пластинки образуютъ элементъ, могущій дать токъ. Элементъ зарядился и отдаетъ большую часть полученнаго электричества, пока вся образовавшаяся перекись свинца не превратится опять въ свинецъ. Такое превращеніе можетъ быть повторено сколько угодно разъ, и такой элементъ служитъ для запасанія электричества, какъ водяной резервуаръ для запасанія воды. Обыкновенно въ одну банку помѣщаютъ по нѣскольку пластинокъ, соединенныхъ черезъ одну въ двѣ группы (положительная и отрицательная). Элементы соединяются послѣдовательно и образуютъ аккумуляторную батарею (черт. 278). Электродвижущая сила свинцоваго аккумулятора тотчасъ послѣ заряженія — до 2,5 вольтъ, затѣмъ падаетъ до 2 вольтъ.



Черт. 277. Элементъ Лекланше. Слѣва цинкъ въ видѣ круглаго стержня.

Одинъ изъ самыхъ распространенныхъ приборовъ, для котораго пользуются слабымъ токомъ, это *электрическій звонокъ* (черт. 279). Его существенныя части — маленькій электромагнитъ, якорь съ молоточкомъ, контактный винтъ и звонковая чашка, всѣ укрѣплены на деревянной дощечкѣ. Токъ здѣсь идетъ отъ одного зажима черезъ электромагнитъ, якорь и контактный винтъ къ другому зажиму. Пружинка якоря стремится отодвинуть его отъ электромагнита и прижать къ контактному винту, а когда

по электромагниту проходитъ токъ, то онъ (электромагнитъ) притягиваетъ къ себѣ якорь, этимъ размыкая токъ; тогда пружинка вновь беретъ перевѣсъ, прижимаетъ якорь къ контактному винту и т. д. Такимъ образомъ якорь колеблется между контактнымъ винтомъ и электромагнитомъ, а придѣланный къ нему молоточекъ ударяетъ по чашечкѣ звонка, звонокъ дребезжитъ. Такой звонокъ можетъ съ удобствомъ служить для подачи сигналовъ въ предѣлахъ дома или двора, требуя всего 1—2 элемента Лекланше. Пользуются имъ такъ: въ томъ мѣстѣ, откуда сигналъ будетъ подаваться, помѣщаютъ кнопку (черт. 280), состоящую изъ двухъ пружинящихъ пластинокъ, не касающихся другъ друга, но могущихъ касаться при нажатіи пальцемъ; отъ каждой пластинки отходитъ по проволокѣ, изъ которыхъ одна идетъ прямо къ звонку, а другая соединяется съ однимъ изъ полюсовъ элемента, второй полюсъ котораго соединенъ съ другимъ зажимомъ звонка. Пока кнопка не нажата, звонокъ молчитъ, при нажатіи же кнопки, звонокъ дребезжитъ. Если требуется знать откуда данъ сигналъ, то къ звонку прибавляется еще номерованный указатель. Дѣйствіе такого указателя также основано на примѣненіи электромагнита, который при пропусканіи тока оттягиваетъ желѣзный крючокъ и этимъ позволяетъ табличкѣ съ номеромъ повернуться и стать противъ окошечка номерованнаго указателя.



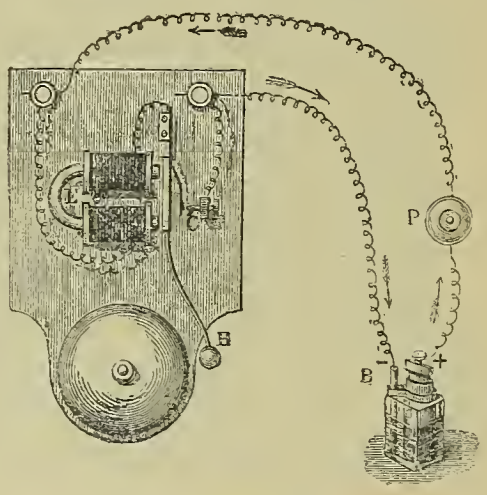
Черт. 278. Два аккумулятора, въ каждомъ по пяти отрицательныхъ и по четыре положительныхъ пластины.

На томъ же примѣненіи электромагнитовъ основано устройство желѣзнодорожной и пожарной сигнализаціи, а также электрическихъ часовъ, но самое интересное примѣненіе электромагнитовъ и слабыхъ токовъ представляютъ *телеграфъ* и *телефонъ*.

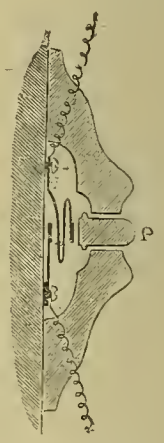
Собственно говоря, для обмѣна сообщеній между двумя мѣстами могли бы служить даже обыкновенные звонки, если условиться, что каждой буквѣ соотвѣтствуетъ условленное число

ударовъ звонка разной продолжительности и въ различномъ порядкѣ; но можно себѣ представить, какъ утомительно и какъ медленно происходила бы передача такимъ способомъ какого-либо извѣстія.

Тотъ же самый принципъ примѣненъ въ телеграфномъ аппаратѣ Морзе, но отдѣльные передаваемые сигналы получаются на пріемной станціи записанными на бумажной лентѣ, въ видѣ ряда точекъ и черточекъ. Первоначальный видъ пріемнаго аппарата Морзе изображенъ на чертежѣ 281. Здѣсь такъ же, какъ и въ звонкѣ, электрическій токъ вступаетъ въ электромагнитъ, который притягиваетъ якорь, прикрѣпленный къ одному концу рычага, и этимъ самымъ подымаетъ другой конецъ его, на которомъ



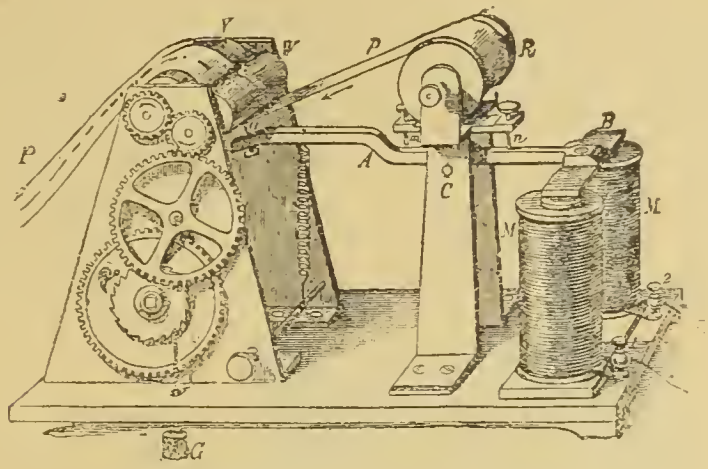
Черт. 279. Электрическій звонокъ. *E*—электромагнитъ, *C*—контактъ, *H*—молоточекъ. *P*—кнопка, *B*—элементъ Лекланше.



Черт. 280. Устройство звонковой кнопки (разрѣзъ).

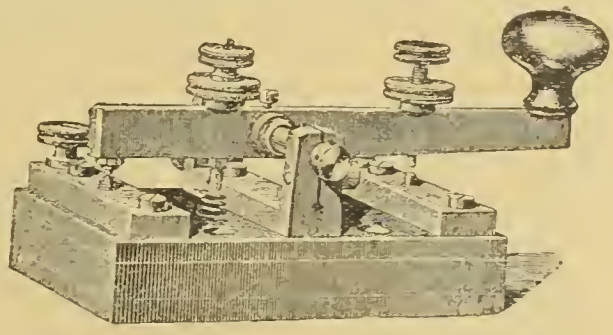
находится карандашъ или перо. Надъ карандашомъ помощью валиковъ и часового механизма тянется бумажная лента, на которой карандашъ оставляетъ слѣдъ, каждый разъ, какъ по электромагниту проходитъ токъ. На станціи отправленія вмѣсто кнопки находится *ключъ* (черт. 282), который при нажатіи рукоятки замыкаетъ цѣпь, такъ что каждому кратковременному нажатію соотвѣтствуетъ точка на лентѣ пріемнаго аппарата, а болѣе продолжительному — черточка. Современные аппараты, не отличаясь по существу отъ первоначальныхъ, имѣютъ болѣе сложное устройство, которое обезпечиваетъ болѣе исправную и быструю работу и передачу на большія разстоянія. Каждая станція имѣетъ какъ передаточный, такъ и пріемный аппараты, гальваническія батареи и дополнительный электромагнитъ, называемый *релэ*. Передаточный аппаратъ — тотъ же ключъ, только болѣе удобной

формы. Пріемный аппаратъ, одна изъ формъ котораго представлена на чертежѣ 283 *(нормальный типъ)* содержитъ часовой механизмъ съ пружиной, заводимой при помощи рукоятки, электромагнитъ, рычагъ съ якоремъ на наружномъ концѣ, валики,



Черт. 281. Первоначальный аппаратъ Морзе. *M* — электромагнитъ. *B* — якорь. *A* — рычагъ съ перомъ на лѣвомъ концѣ. бумажная лента. которая тянется при помощи часового механизма и груза *G*.

гянущіе бумагу и колесико, нижней стороной погруженное въ чернила или краску. Въ самомъ аппаратѣ имѣется приспособленіе, позволяющее часовому механизму работать только въ томъ случаѣ, когда якорь притягивается хотя бы съ перерывами и останавливаетъ его, когда якорь въ теченіе одного оборота колесика ни разу не притянется.

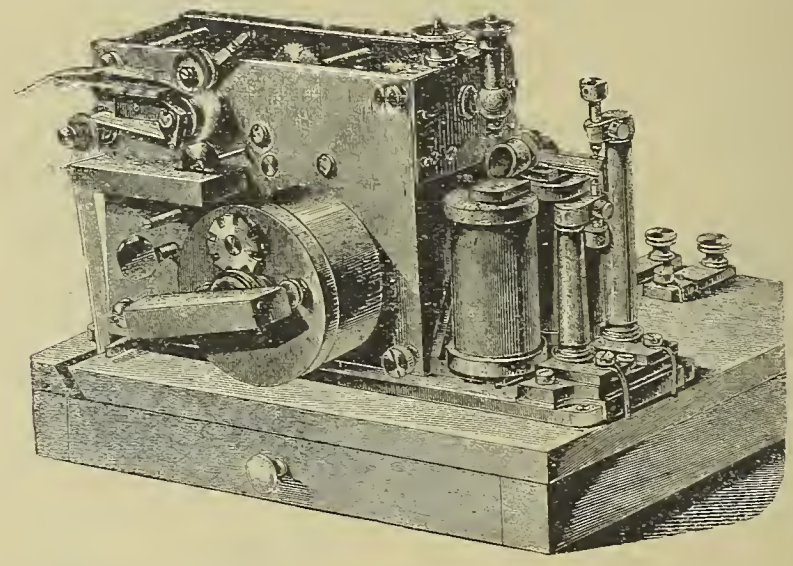


Черт. 282. Ключъ Морзе. Одинъ полюсъ батареи соединяется съ осью. другой — съ правою планкою. Токъ замыкается при нажатіи рукоятки.

Это послѣднее приспособленіе сдѣлано для того, чтобы не надо было дежурить у аппарата и чтобы онъ самъ пришелъ въ движеніе, когда съ другой станціи начинается передача депеши. Аппаратъ не работаетъ напрасно, когда въ этомъ нѣтъ надобности, и телефонистъ можетъ прочесть на лентѣ всѣ полученныя въ его отсутствіи депеши.

Если бы части телеграфа были собраны въ самомъ простомъ видѣ, т.-е. такъ, чтобы при замыканіи цѣпи ключомъ токъ отъ батареи шелъ прямо къ пріемной станціи, то при длинной линіи пришлось бы примѣнить очень сильную батарею или очень тол-

стые мѣдные провода, иначе токъ получился бы такой слабый, что онъ не могъ бы, какъ слѣдуетъ, притянуть якорь и нажать пишущее колесико. Для устраненія такого неудобства примѣняется релэ — приборъ, состоящій изъ небольшого электромагнита и короткаго рычажка съ желѣзною пластинкою (якоремъ) противъ полюсовъ электромагнита. Приходящій съ другой станціи токъ (при нажатіи тамъ ключа) входитъ въ электромагнитъ релэ, притягиваетъ якорь и замыкаетъ токъ мѣстной батареи, идущій къ электромагниту пишущаго аппарата. Такимъ образомъ, каждому нажатію ключа соотвѣтствуетъ знакъ на бумагѣ пишущаго аппарата, при поднятіи ключа поднимается рычажокъ релэ и пишущее колесико отходитъ отъ бумаги. Релэ устроено такъ,



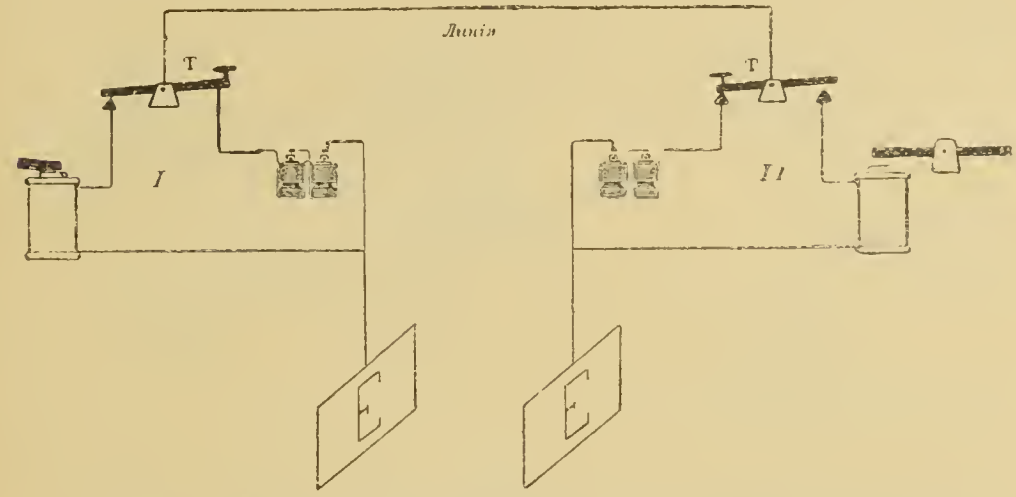
Черт. 283. Нормальный аппаратъ Морзе.

что приходитъ въ движеніе отъ самаго слабаго тока, благодаря чему не требуется очень большой батареи даже тогда, когда линія очень длинна (100—200 верстъ) и проводникомъ служитъ желѣзная проволока, слѣдовательно, при большомъ сопротивленіи линіи. Если надо передавать депеши на такія большія разстоянія, что релэ уже не могло бы почувствовать тока, то примѣняются промежуточныя станціи, на которыхъ находится релэ и своя батарея.

Для сокращенія стоимости устройства станціи соединяются между собой только одной проволокой, вмѣсто же другой, обратной, пользуются землею, которая хорошо проводитъ токъ, если проволоки закопаны достаточно глубоко. На чертежѣ 284 показано расположеніе ключей, батарей, релэ и проводовъ на двухъ станціяхъ.

Кромѣ такихъ аппаратовъ съ условнымъ шрифтомъ, существуетъ много системъ печатающихъ аппаратовъ, въ которыхъ депеша получается отпечатанной на лентѣ обыкновенными буквами, но устройство ихъ очень сложно, и мы описывать ихъ не будемъ.

Примѣненіе очень чувствительныхъ аппаратовъ и хорошихъ мѣдныхъ кабелей даетъ возможность передавать депеши на разстоянія 5—6 тысячъ верстъ и больше безъ промежуточныхъ станцій. Такія длинныя линіи примѣняются для сообщеній черезъ моря при помощи подводныхъ кабелей, опускаемыхъ прямо на морское дно; таковыхъ въ настоящее время уложено болѣе 300 линій, общей длиною свыше 360 тысячъ верстъ.



Черт. 284. Схема соединенія телеграфа. Ключъ — *T*, земляной проводъ *E*. Слѣва и справа—релэ I и II станціи.

Существуютъ аппараты, конечно, болѣе сложнаго устройства и потому гораздо рѣже примѣняемые, которые передаютъ не только содержаніе письма или сообщенія, но и самый почеркъ и даже рисунки и портреты *(копирующіе телеграфы)*.

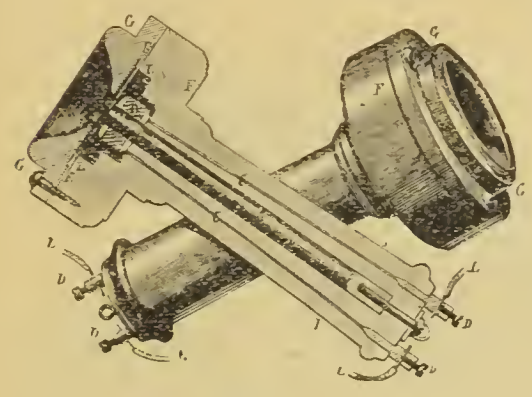
Въ виду все увеличивающагося количества передаваемыхъ депешъ изобрѣтателями потрачено много труда для выработки такихъ системъ, которыя ускоряли бы передачу депешъ, а также давали возможность передачи одновременно нѣсколькихъ депешъ по одной и той же проволокѣ. Въ этомъ отношеніи уже сдѣланы большіе успѣхи: однимъ аппаратомъ можно передавать болѣе 400 словъ въ минуту и по одной проволокѣ можно сразу передавать 4 депеши.

Телеграфъ можетъ служить для передачи сообщеній въ видѣ письма, для чего приходится прибѣгать къ помощи телеграфистовъ, но существуютъ приборы для передачи живой рѣчи по

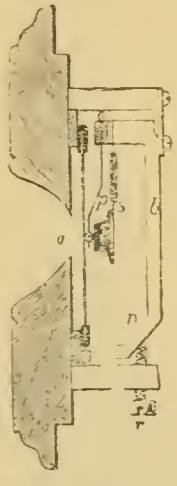
проволокамъ — это *телефонъ*. Чтобы понять устройство и дѣйствіе телефона, надо припомнить, что ощущеніе звука получается, когда въ ухо попадаютъ извѣстнаго сорта колебанія воздуха, затѣмъ, что электромагнитъ притягиваетъ къ себѣ желѣзо каждый разъ, какъ по его обмоткѣ протекаетъ токъ и, наконецъ, что въ обмоткѣ электромагнита возникаетъ токъ каждый разъ при приближеніи или удаленіи отъ него желѣза. Если имѣемъ два стальныхъ магнита (черт. 285), на концы которыхъ надѣты катушки изъ изолированной мѣдной проволоки и передъ каждой такой катушкой находится тонкая желѣзная пластинка, то, соединивъ концы одной катушки съ концами другой, мы получимъ телефонъ въ простѣйшемъ видѣ. Если будемъ говорить передъ одной изъ желѣзныхъ пластинокъ, то она придетъ въ соотвѣтственныя колебанія, что вызоветъ въ прилежащей катушкѣ индуктированный токъ; токъ достигнетъ второй катушки, эта послѣдняя становится электромагнитомъ и притягиваетъ къ себѣ свою желѣзную пластинку. Очевидно, вторая пластинка будетъ точно повторять колебанія первой и, если колебанія будутъ достаточно сильны, вторая пластинка будетъ повторять звуки, производимые передъ первой. Для малыхъ разстояній можно довольствоваться такими двумя телефонными аппаратами, соединенными парою проволокъ. Для лучшей передачи звука передъ желѣзной пластинкой дѣлается еще раструбъ, а самый электромагнитъ помѣщается въ деревянномъ или металлическомъ футлярѣ. Одинъ изъ видовъ телефона изображенъ на чертежѣ 286 (внѣшній видъ и разрѣзъ). Но возникающіе въ такихъ аппаратахъ токи такъ слабы, что только на близкихъ разстояніяхъ замѣтный токъ доходитъ до другого аппарата. Чтобы сдѣлать ихъ пригодными для большихъ разстояній, приходится прибѣгнуть къ *микрофону*. Замѣчено, что сопротивленіе электрическому току въ томъ мѣстѣ, гдѣ соприкасаются частички коксоваго угля или угольныя палочки, очень сильно зависитъ отъ силы надавливанія другъ на друга; самое незначительное измѣненіе этого надавливанія уже сильно мѣняетъ сопротивленіе, а слѣдовательно, и силу тока, если черезъ такія частички проходитъ токъ. На этомъ принципѣ основано устройство микрофоновъ, которыхъ существуетъ много системъ, одна изъ системъ представлена на чертежѣ 287 въ разрѣзѣ. Передъ раструб-

Черт. 285. Схема телефона. S и S_1 — магниты. N и N_1 — катушки. P и P_1 — желѣзныя пластинки.

бомъ находится тонкая пластинка, позади нея на легкихъ пружинахъ двѣ угольныхъ пуговки, слегка другъ друга касающихся. Отъ пружинокъ идутъ проволоки черезъ телефонъ и гальваническій элементъ, который даетъ токъ въ замкнутой такимъ образомъ цѣпи. Если говорить передъ раструбомъ, то пластинка дрожитъ соотвѣтственно попадающимъ на нее звукамъ, сопротивленіе между угольками и сила тока колеблется также соотвѣтственно звукамъ, и пластинка телефона повторяетъ колебанія пластинки микрофона какъ по силѣ, такъ и по ихъ послѣдовательности, а потому воспроизводитъ звуки рѣчи. Сила тока, протекающаго по катушкѣ телефона, зависитъ отъ батареи, и дальность разговора по телефону можетъ быть сдѣлана довольно большою. Для подачи сиг-



Черт. 286. Устройство телефона: разрѣзъ и внѣшній видъ. *O* — магнитъ. *E* — катушка электромагнита. *L* — соединительные провода (въ линію). *G* — раструбъ, прикладываемый къ уху.

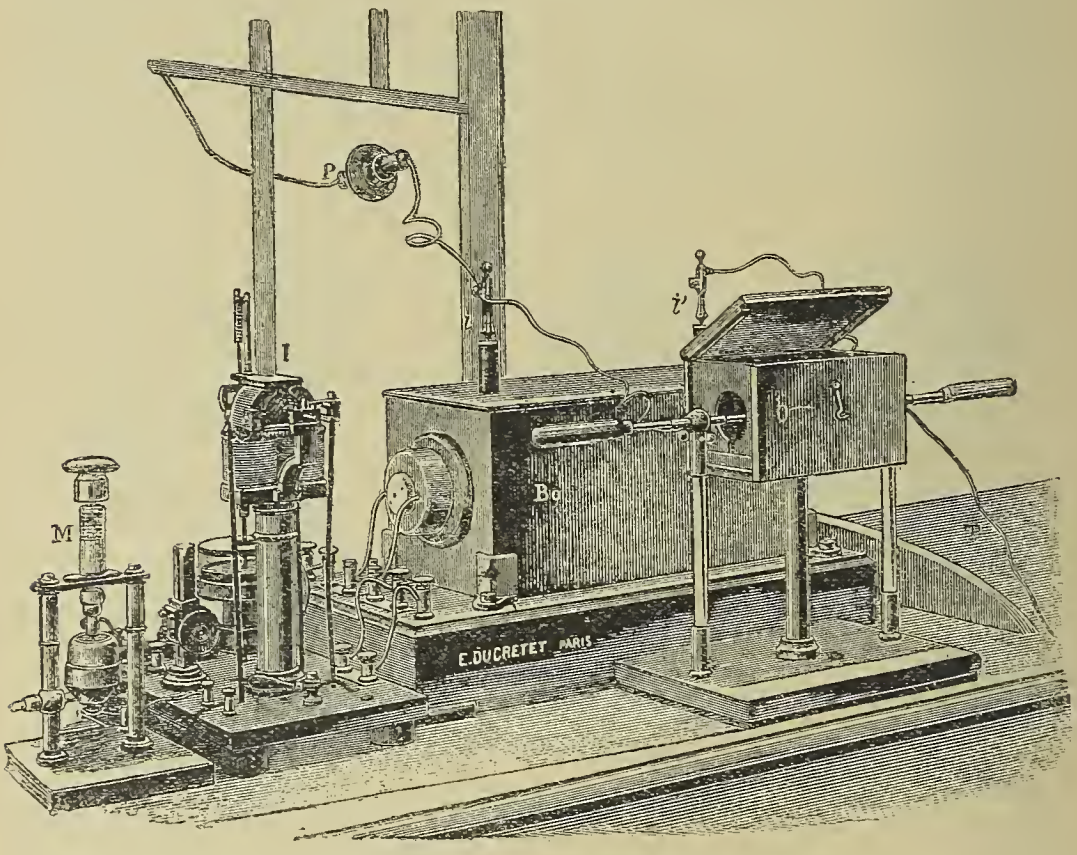


Черт. 287. Разрѣзъ микрофона. *O* — раструбъ, въ который говорятъ. *C* — угольный контактъ.

нала о желаніи говорить (вызовъ) при аппаратѣ имѣется звонокъ, работающій отъ кнопки и батареи или отъ маленькой динамомашины *(индуктора)*, приводимой во вращеніе рукояткою. Такимъ образомъ, каждая станція содержитъ микрофонъ, телефонъ, элементъ, индукторъ (или кнопку) и звонокъ. Часто микрофонъ и телефонъ соединены на одной ручкѣ.

Такимъ устройствомъ можно довольствоваться, если разговоръ долженъ происходить только между двумя пунктами, но если, какъ это обыкновенно дѣлается, нужно дать возможность переговоровъ между многими пунктами, то устраивается для цѣлаго города или района центральная станція, на которой сходятся провода отъ всѣхъ станцій, находящихся въ пользованіи учрежденій или отдѣльныхъ лицъ. Каждая частная станція имѣетъ на центральной свой номеръ въ номераторѣ рядомъ съ концомъ своего провода). Желающій говорить по телефону даетъ звонокъ, говоритъ

на центральную станцію, съ кѣмъ онъ желаетъ говорить. Обслуживающія центральную станцію, обыкновенно женщины, помощью небольшихъ кабелей соединяютъ концы проводовъ двухъ частныхъ станцій, тогда эти станціи между собою соединены, и владѣльцы ихъ (собственно абоненты, такъ какъ обыкновенно они только наниматели аппаратовъ) могутъ другъ друга вызывать звонками и разговаривать. По окончаніи разговора они даютъ объ

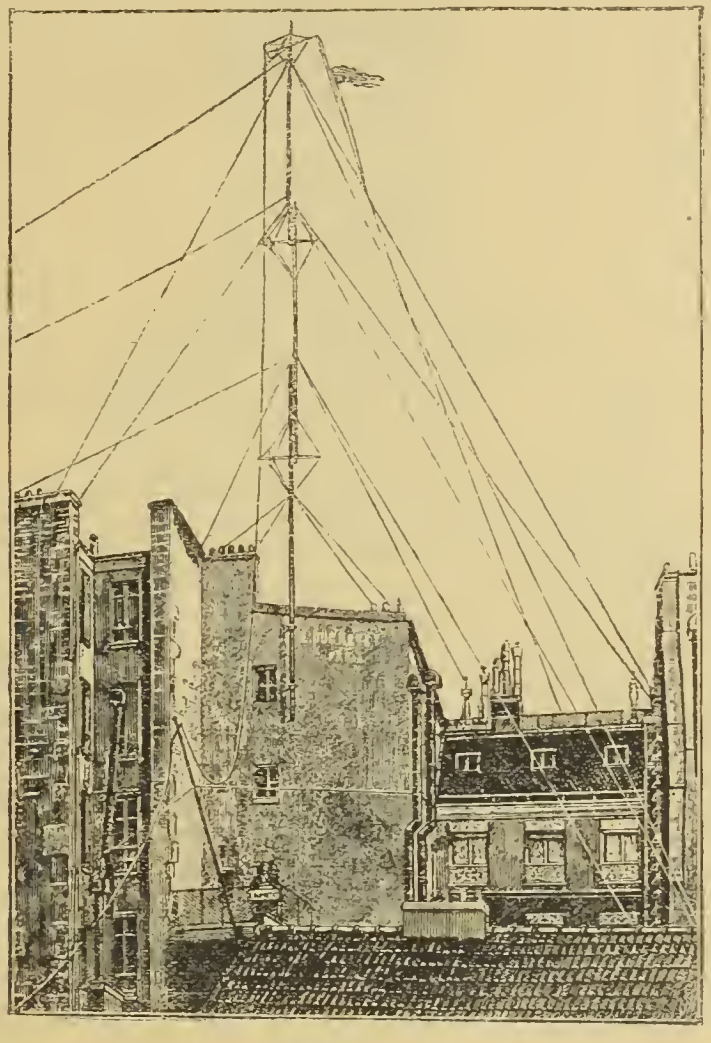


Черт. 288. Передающая станція безпроволочнаго телеграфа. Проволока *P* идетъ къ антеннѣ.

этомъ знать телефонисткамъ условными короткими звонками для того, чтобы ихъ аппараты разъединили.

Есть города, гдѣ число абонентовъ доходитъ до 300.000 и даже болѣе. Вызовъ при помощи звонка и нумератора очень утомителенъ для телефонистокъ, поэтому теперь для облегченія и ускоренія работы переходятъ на свѣтовую сигнализацію — при вызовѣ подъ вызывающимъ номеромъ загорается маленькая лампочка. Но и при такомъ способѣ требуется очень большой штатъ служащихъ и всегда возможны ошибки. Поэтому изобрѣтатели стремятся придумать систему автоматическую, при которой ка-

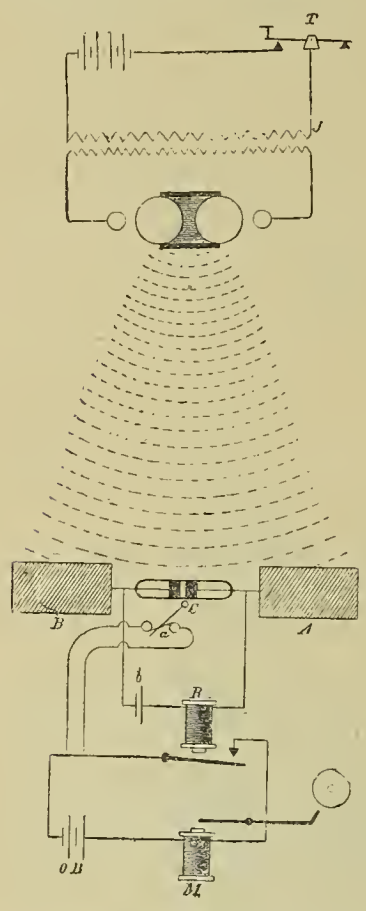
ждый абонентъ соединяетъ себя самъ съ любымъ номеромъ безъ помощи телефонистокъ, гдѣ люди слѣдятъ только за исправностью механизмовъ, такъ какъ только автоматъ не знаетъ ошибокъ, если, конечно, онъ исправенъ. Такія системы уже существуютъ и примѣняются на практикѣ, но пока еще въ небольшомъ числѣ и для не очень большихъ станцій.



Черт. 289. Антенна, растянутая на мачтахъ, установленныхъ на крышахъ.

Съ усовершенствованіемъ телефонныхъ аппаратовъ явилась возможность разговаривать не только въ предѣлахъ города, но между городами на большихъ разстояніяхъ — верстъ па 1.000 и больше. Въ городахъ телефонные провода подвѣшивались на столбахъ, какъ и телеграфные, но при большомъ числѣ абонентовъ получается такая густая сѣть проводовъ, что она затемняетъ улицы, не говоря уже о нѣкоторыхъ другихъ неудобствахъ. По-

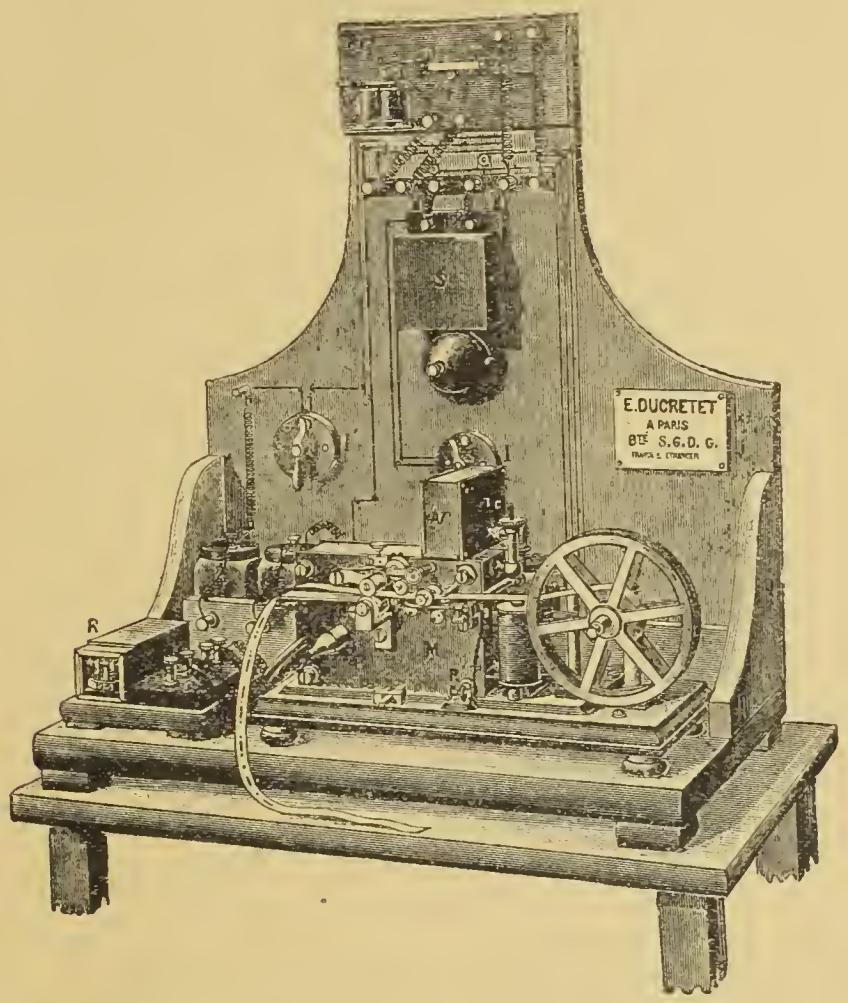
этому теперь по возможности стараются перейти на подземные провода. Въ землѣ укладываются бетонныя трубы, сквозь которыя протягиваются кабели, содержащіе каждый по 100—200 изолированныхъ проводовъ; выходятъ они на поверхность земли въ мѣстахъ ввода въ дома. Матеріалъ проводовъ обыкновенно бронза, изоляція отдѣльныхъ проводовъ бумажная, а наружная изоляція кабеля изъ резины; каждый кабель снаружи обтянутъ свинцомъ для предохраненія отъ сырости.



Черт. 290. Схема безпроволочнаге телефона. Вверху отправляющая станція, отъ которой идутъ волны къ пріемной станціи (внизу). *C*—когереръ, *a*—молоточекъ звонка, *B* — земля, *A* — антенна, *R*—релэ, *M*— аппар. Морзе, *B* и *b*—элементы, *T*—ключъ, *J*—катушка Румкорфа.

Какъ телеграфъ, такъ и телефонъ для передачи знаковъ или звуковъ нуждаются въ проводахъ, по которымъ токъ изъ одного пункта доходитъ до другого, колебанія въ силѣ тока обусловливаютъ желаемую передачу; открытіе германскимъ ученымъ Гертцомъ электромагнитныхъ волнъ (см. т. I Физику, 118 стр.) навело на мысль о телеграфированіи или телефонированіи на большія разстоянія безъ соединительныхъ проводовъ. Въ настоящее время существуетъ нѣсколько системъ *безпроводнаго* или *безпроволочнаго* телеграфа. Принципъ его основанъ на томъ, что полученныя при искровомъ разрядѣ электрическія волны распространяются во всѣ стороны съ большою скоростью, что волны эти не задерживаются находящимися на пути ихъ предметами, и что, достигнувъ какого-либо пункта, могутъ быть обнаружены при помощи приборовъ, называемыхъ *детекторами*. Для полученія такихъ волнъ перемѣнный токъ отъ динамомашины черезъ выключатель *M* (черт. 288), соотвѣтствующій телеграфному ключу, идетъ по первичной обмоткѣ большой спирали Румкорфа *B*; вторичная обмотка соединена съ конденсаторомъ и съ разрядникомъ *O*, между шариками котораго получаются искры. Одинъ шарикъ разрядника соединенъ съ землей, а другой соединяется съ натянутыми на высокихъ мачтахъ проволоками (антеннами). Наблюденія показали, что дальность передачи сигналовъ по-

мощью волнъ тѣмъ больше, чѣмъ выше мачты и проволоки (черт. 289). На каждой станціи имѣются передающіе приборы, описанные выше, и принимающіе, при чемъ антенна обслуживаетъ и передаточникъ, и пріемникъ. Существенную часть пріемника представляетъ такъ называемый *когереръ*, на схематическомъ чертежѣ 290, обозначенный буквою *C*. Онъ представляетъ стекляп-



Черт. 291. Пріемная станція безпроволочнаго телеграфа. Вверху когереръ *F*, внизу пишущій аппаратъ Морзе.

ную, запаянную съ обоихъ концовъ, трубку съ двумя металлическими стерженьками внутри, отъ которыхъ наружу выходятъ проволоки. Между стерженьками находится слой металлическихъ стружекъ или опилокъ, которыя обладаютъ тѣмъ свойствомъ, что представляютъ довольно большое сопротивленіе электрическому току, но оно сразу значительно уменьшается, когда до стружекъ доходитъ электрическая волна. Чтобы опять вернуть

прежнее сопротивленіе, достаточно трубку слегка вытряхнуть; это дѣлается автоматически молоточкомъ звонка (буква *a*) каждый разъ, какъ когереръ проводитъ токъ, т.-е. какъ въ него попадетъ волна. Токъ отъ мѣстной батареи (буква *b*) проходитъ черезъ когереръ и телеграфное релэ, приводящее въ дѣйствіе телеграфный аппаратъ *M* съ его батареей *Bb*. Одна проволочка когерера соединена съ землею *B*, а другая съ антенной *A*. Пришедшая изъ другого пункта волна попадаетъ въ антенну, отъ нея въ когереръ, который становится проводникомъ и замыкаетъ токъ въ релэ, а потому телеграфный аппаратъ приходитъ въ дѣйствіе. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока ударъ молоточка *a* не разомкнетъ токъ въ когерерѣ. Если на передающей станціи помощью ключа получаютъ искры разной продолжительности и въ извѣстной послѣдовательности, соотвѣтствующей азбукѣ Морзе, то на пріемной станціи (черт. 291) на бумажной лентѣ получится соотвѣтственная запись.

Таковъ принципъ устройства безпроводнаго телеграфа, который въ сравнительно короткое время (примѣрно, лѣтъ за десять) получилъ необыкновенно большое распространеніе. Всѣ морскіе порты, всѣ военныя суда, а въ послѣднее время и многіе частные пароходы снабжены установкою безпроволочнаго телеграфа. Во время плаванія люди уже не чувствуютъ себя оторванными отъ міра и могутъ всегда сноситься съ другими судами или съ берегомъ. Кромѣ того, существуетъ уже довольно много установокъ для передачи частныхъ депешъ, между ними одна на очень большомъ разстояніи (до 5.000 верстъ) между Европою и Америкою, черезъ весь Атлантическій океанъ. Въ настоящее время Маркони, одинъ изъ изобрѣтателей безпроволочнаго телеграфа, достигъ передачи на разстояніи свыше 9.000 верстъ.

Списокъ книгъ, рекомендуемыхъ для болѣе подробнаго ознакомленія съ электротехникой:

Поплавскій. «Популярный курсъ элементарной электротехники». 1903 г. Ц. 60 к.— *Эпштейнъ.* «Шесть популярныхъ лекцій по электротехникѣ». 1904 г. Ц. 75 к. — *Гехтъ.* «Домашній электротехникъ». 1909 г. Ц. 30 к. — *Грецъ.* «Электричество и его примѣненія». 1905 г. Ц. 3 р. 50 к. — *Клодъ и Оствальдъ.* «Электричество и его примѣненія въ общественномъ изложеніи». 1910 г. Ц. 5 р. 50 к.—*Поплавскій.* «Курсъ электротехники для среднихъ техническихъ училищъ и для самообученія». 1908 г. Ц. 4 р. 50 к.—*Вильке.* «Электричество, его добываніе и примѣненія въ промышленности и техникѣ». 1902 г. Ц. 5 р.

Указатель чертежей.

Прикладная механика.

		Стр.
1.	Паровой котелъ съ подогрѣвателями	4
2.	Паровой котелъ Бабкокъ-Вилькоксъ	5
3.	Камеры водотрубныхъ паров. котловъ	6
4.	Продольн. разрѣзъ	7
5.	Поперечн. разрѣзъ парового котла Штейнмюллера.	
6.	Продольн. разрѣзъ	8
7.	Поперечн. разрѣзъ парового котла Дюрра.	
8.	Укрѣпленіе трубокъ въ котлѣ Дюрра	—
9.	Корнваллійскій паровой котелъ	9
10.	Способъ соединенія	10
11.	звеньевъ	
12.	Паровая машина	12
13.	Паровая машина, планъ.	—
14.	Схема золотниковаго парораспредѣленія	13
15.	Тоже	14
16.	Тоже	—
17.	Тоже	—
18.	Тоже	15
19.	Индикаторная діаграмма машины	16
20.	Тоже	17
21.	Двойной золотникъ	—
22.	Клапанное парораспредѣленіе	18
23.	Схема машины двойного расширенія	20
24.		
25.	Вертикальная машина-компаундъ	21
26.	Паровая турбина	22
27.	Клапанъ газоваго двигателя	24
28.	Индикаторная діаграмма двигателя	25
29.	Газовая воздуходувка	26
30.	Генераторъ газа	27
31.	Подливное водяное колесо	29
32.	Тоже Понселе	—
33.	Среднебойное колесо	30
34.	Верхнебойное »	—
35.	Водяное колесо Пельтона	31
36.	Мундштукъ колеса Пельтона	—
37.	Схема водяной турбины	32
38.		
39.	Рабочее колесо водяной турбины	—
40.	Турбинная установка	33
41.	Крыло вѣтряного двигателя	35
42.	Шатровая мельница	—
43.	Американскій вѣтряной двигатель	36
44.	Башенка съ вѣтрянымъ двигателемъ	—
45.	Паровозъ Стефенсона «Ракета» и современный англійскій паровозъ	38
46.	Разрѣзъ парового котла паровоза	39
47.	Форсунка	—
48.	Нормальный типъ паровоза (въ разрѣзѣ)	40
49.	Кулисса Гейзингера	41
50.	Схема соединенія рамы паровоза съ осями	—
51.	Русскій типъ паровоза компаундъ	42
52.	Курьерскій паровозъ тандемъ Вар.-Вѣн. ж. д.	43
53.	Паровозъ Яросл.-Вологод.-Арханг. ж. д.	—
54.	Первый большой океанскій винтовой пароходъ (1843 г.)	46
55.	Колесный пароходъ (1852—1857 гг.)	—
56.	Схема устойчивыхъ и неустойчивыхъ положеній судна	47

Стр.

57. 58. Схема усилій, разламывающихъ корпусъ судна 48
59. Тоже 49
60. Океанскій пароходъ «Мавританія» въ эллингѣ во время постройки 50
61. Пароходъ «Мавританія» въ эллингѣ передъ спускомъ 51
62. Мавританія послѣ спуска 52
63. Пароходъ «Мавританія» совершаетъ первый рейсъ между Европой и Америкой . . . 53
64. Гребной винтъ 54
65. Подводная лодка . . . 55
66. Воздушный шаръ бр. Монгольфьеръ . . . 57
67. Воздушный шаръ съ гайдъ-роопомъ . . 59
68. Винтъ дирижабля . . . 60
69. Дирижабль Парсеваля . —
70. Разрѣзъ дирижабля Цеппелина 61
71. Металлическій остовъ дирижабля 62
72. Дирижабль Цеппелина 63
73. Дирижабль Цеппелина при выводѣ изъ ангара . . . . . —
74. Дирижабль Лебоди . . 64
75. Дѣйствіе потока воздуха на аэропланъ . . . —
76. Воздушный змѣй . . . 65
77. Полетъ Лиліэнталя на планерѣ . . . . . —
78. Аэропланъ Сантосъ-Дюмона 66
79. Аэропланъ Райта (первонач. констр.) . . 67
80. Аэропланъ Блеріо . . —
81. Аэропланъ Райта (новѣйш. констр.) . . 68
82. Летчикъ Ефимовъ на Фарманѣ. 69
83. Автомобильная рама съ двигателемъ . . . 70
84. Автомобиль при поворотѣ 71
85. 86. Схема передачи отъ двигателя къ колесамъ . . . . . —
87. Фрикціонная муфта . . 72
88. Расположеніе двигателя въ автомобилѣ . . . —
89. Грузовой автомобиль . 73
90. Автобусъ 74
91. Автомобиль каретнаго типа 75

Строительное искусство.

Стр.

92. Сѣченіе балки 77
93. Схема нагрузки балки . —
94. Желѣзобетонная балка . 78
95. Очертаніе основанія фундамента 79
96. Изолирующая прокладка . . . . . —
97. Вентилирующій каналъ для подвальнаго помѣщенія . . . . —
98. Кирпичная кладка . . 80
99. 100. Сводъ . . . . . —
101. 102. Оконная рама . . . —
103. Дверная рама во внутренней стѣнѣ . . . 81
104. Планъ зданія и расположенія потолочныхъ балокъ 82
105. Разрѣзъ крыши. . . . —
106. Остовъ желѣзобетоннаго зданія 83
107. Желѣзобетонное зданіе . —
108. Насыпь желѣзнодорожнаго пути 86
109. Выемка . . . . . —
110. Скрѣпленіе концовъ рельсовъ 87
111. Расположеніе вагонныхъ осей . . . . . —
112. Вагонная телѣжка . . 88
113. Вагонные вентиляторы . 89
114. Водяное отопленіе вагона . . . . . —
115. 116. Паровое отопленіе вагона. 90
117. Вагонъ съ резервуаромъ для газа . . . . . —
118. Передача къ динамо-машинѣ для освѣщенія вагона 91
119. Деревянный мостъ (8—12 метр. пролет.) . . —
120. 121. Деревянный раскосный мостъ 92
122. Каменный мостъ . . . 93
123. Желѣзный сводчатый мостъ . . . . . —
124. Желѣзный консольный мостъ 94
125. Желѣзный висячій мостъ —
126. Разводной поворотный мостъ у Либавы . . 95
127. Желѣзобетонный мостъ —
128. Устройство шоссе . . . 98
129. Устройство каменной мостовой 99
130. Мостовая съ желѣзными рельсами . . . . —

		Стр.
131.	Паровая землечерпательница	101
132.	Устройство дамбъ и запрудъ для выпрямленія русла рѣки	102
133.	Поперечный разрѣзъ дамбы	103
134.	Видъ шлюзованной рѣки	—
135.	Устройство основанія плотины	104
136.	Каменный водосливъ	105
137.	Поперечный разрѣзъ каменной плотины	106
138.	Устройство шлюзовъ	107
139.	Тоже	—
140.	Тоже	108
141.	Тоже	109
142.	Маякъ	110
143.	Береговой и пловучій краны	112
144.	Пловучій докъ	116

Механическая технологія.

145.	Прокатные вальцы	119
146.	Формы рѣзцовъ	120
147.	Обточка цилиндрическаго стержня	—
148.	Обточка прямолинейнаго предмета	121
149.		
150.	Деревянныя модели для отливки	124
151.		
152.	Почвенная формовка колосниковъ	125
153.	Формовка въ опокахъ	126
154.	Тоже	—
155.	Трепальная машина	127
156.	Кардная машина	128
157.	Ленточная машина	129
159.	Банкоброшъ (предпрядильная машина)	130
159.	Ватеръ-машина (прядильная)	131
160.	Сельфакторъ (мюль-машина)	132
161.	Гребнечесальная машина	135
162.	Ручная льномялка	—
163.	Челнокъ ткацкаго станка	137
164.	Ткацкій станокъ	—
165.	Ремизный приборъ	138
166.	Бердо	—
167.	Схема вѣйки	142
168.	Безконечный винтъ	144
169.	Элеваторъ или самотаска	—
170.	Тараръ	145
171.	Тріеръ	—
172.	Поперечный разрѣзъ тріера	—
173.	Магнитный аппаратъ	145
174.	Обойка	146
175.	Разрѣзъ наждачнаго кожуха обойки	147
176.	Щеточная машина	148
177.	Жерновъ	149
178.	Жерновой поставъ	—
179.	Рифленые валки	150
180.	Вальцовый станокъ	—
181.	Центробѣжный буратъ	151
182.	Плоскіе разсѣвы	—
183.	Схема движенія разсѣвовъ	152
184.	Схема движенія продукта въ разсѣвахъ	—
185.	Нагнетательный фильтръ	153
186.	Рама нагнетательнаго фильтра	—

Химическая технологія.

187.	Схема воздушной холодильной машины	156
188.	Схема ручной ледяной машины	—
189.	Схема амміачной ледяной машины	157
190.	Приготовленіе льда помощью амміачной машины	158
191.	Газовая печь Сименса	171
192.	Пулька и форма для бутылокъ	172
193.	Хватокъ	—
194.	Приготовленіе листового стекла	173
195.	Печь Гофмана для обжига кирпича	179
196.	Гончарный кругъ	181
197.	Формовка тарелки	—
198.	Аппаратъ для полученія сѣрной кисл. камернымъ способомъ	185
199.	Приборъ для полученія азотной и соляной кислоты	186
200.	Поперечный разрѣзъ камеры для полученія азотной кисл. изъ воздуха	—.
201.	Продольный разрѣзъ камеры для полученія азотной кисл. изъ воздуха	—
202.	Печь для сплавленія содовой смѣси по способу Леблана	187
123.	Холодильникъ для сухой перегонки дерева	193
204.	Генераторная печь	195
205.	Схема газоваго завода	197
206.	Гидравлическій прессъ	203
207.	Кубъ и баранъ	218

		Стр.
208.	Одновальная ситцепечатная машина . .	219
209.	Многовальная ситцепечатная машина . .	—
210.	Доменная печь современной конструкціи . .	223
211.	Разрѣзъ загруженной доменной печи . . .	225
212.	Конверторъ	227
213.	Расположеніе машинъ, аппаратовъ и зданій доменнаго завода . .	229
214.	Мартеновская печь . .	230
215.	Шахтная печь	237
216.	Конденсаторъ для ртути	—
217.	Тигель для электролиза окиси алюмінія . .	239
218.	Толчея и шлюзы для выдѣленія золота изъ рудъ	241
219.	Печь для плавки платины	243
220.	Терка для картофеля .	247
221.	—	—
222.	Внутренній видъ свекло-сахарнаго завода . .	253
223.	Трехкорпусный выпарной аппаратъ . . .	255
224.	Вакуумъ аппаратъ, мѣшалка и центрофуга .	257
225.	Парникъ Генце . . .	263
226.	Заторно - холодильный чанъ	265
227.	Брагоперегонный одноколонный аппаратъ .	267
228.	Разрѣзъ бродильнаго отдѣленія и подвала пивоваренаго завода	271
229.	Голландеръ	277

Горное дѣло.

230.	Штольня	289
231.	Кайла	290
232.	Буреніе	292
233.	Буръ	—
234.	Выемка вруба	295
235.	Перфораторъ въ работѣ	297
236.	Крѣпь дверными окладами	299
237.	Скатъ	300
238.	Барабаны для навиванія каната	301
239.	Канатная доставка вагончиковъ	302
240.	Прибытіе клѣти съ людьми къ рудничному двору	303
241.	Канатъ стальной . . .	304
242.	Надшахтное устройство .	305
243.	Эстакады	—
244.	Промывка песковъ старателями	309
245.	Работы на Лебединомъ пріискѣ	—
246.	Золотопромывная машина «Кулибинка» . .	311
247.	Шуваловская драга . .	—
248.	Драга на платиновомъ пріискѣ	313
249.	Разработка желѣзныхъ рудъ уступами . .	316
250.	Работа въ забоѣ . . .	323
251.	Разрѣзъ потолкоуступныхъ работъ . . .	324
252.	Потолкоуступная работа	325
253.	Столбовая выемка . . .	—
254.	Нефтяной фонтанъ и нефтяное озеро	327

Электротехника.

255.	Схема движенія проволоки въ магнитномъ полѣ	329
256.	Схема движенія кольца въ магнитномъ полѣ .	330
257.	Тоже.	331
258.	Двухполюсная динамомашина	334
259.	Барабанный якорь съ обмоткою и коллекторомъ.	—
260.	Коллекторъ	—
261.	Реостатъ	336
262.	Кольцевой якорь съ коллекторомъ и шкивомъ	337
263.	Магнитный потокъ въ 4-хъ-полюсной динамо-машинѣ	338
264.	Видъ 4-хъ-полюсной динамо-машины . . .	—
265.	Динамо-машина въ 690 лошад. силъ . . .	—
266.	Трансформаторъ . . .	344
267.	Распредѣлительная доска	345
268.	Рубильникъ двухполюсный	346
269.	Предохранитель однополюсный	—
270.	Трамвайные вагоны съ воздушн. проводами.	348
271.	Вольтова дуга между двумя углями . . .	350
272.	Видъ углей въ вольтовой дугѣ	351
273.	Механизмъ дифференціальнаго регулятора .	352

		Стр.
274.	Лампа накаливанія съ угольной нитью . .	354
275.	Лампа накаливанія съ металлической нитью .	—
276.	Элементъ Даніэля . . .	355
277.	Элементъ Лекланше. .	356
278.	Аккумуляторы	357
279.	Электрическій звонокъ .	358
280.	Звонковая кнопка . . .	—
281.	Первоначальный аппаратъ Морзе	359
282.	Ключъ Морзе	—
283.	Нормальный аппаратъ Морзе	360
284.	Схема соединенія телеграфа	361
285.	Схема телефона . . .	362
286.	Телефонная трубка . .	363
287.	Разрѣзъ микрофона . .	—
288.	Передающая станція безпроволочнаго телеграфа	364
289.	Антенна	365
290.	Схема безпроволочнаго телеграфа	366
291.	Пріемная станція безпроволочнаго телеграфа.	367

Алфавитный указатель именъ и названій.

А.

Авіація.—56.
Автобусъ.—75.
Автомобиль.—70.
Азбестъ.—328.
Азокраски.—217.
Азотная кислота.—185.
Аккумуляторъ.—347, 356.
Ализаринъ.—214.
Альдегидъ.—266.
Алюминій.—238.
Амальгама.—237, 308.
Амальгамація.—240, 242.
Амміакъ.—209.
Амперметръ.—345.
Амперъ.—343.
Анилинъ.—215.
» черный.—217.
Антенна.—366.
Антрацитъ.—28, 162, 166.
Аппаратъ Морзе.—588.
Арматура.—3.
Аэропланъ.—61, 65, 67.
Аэростатъ.—62.

Б.

Бактеріи.—260, 275.
» уксусная.—275.
Балансиръ.—41.
Балка.—77, 78, 81.
Баллонетъ.—60.
Баллонъ.—61.
Банкоброшъ.—129, 130.
Баранъ.—218.
Барда.—266.
Барка.—216.
» гарансинная.—217.
Батанъ.—139.
Батопортъ.—116.
Бахтарма.—208.
Башня Гей-Люссака.—183.
» Гловера.—183.
Безпроволочный телеграфъ.—365.
Бензинъ.—26.
Бердо.—139.
Бессемерованіе.—228, 233.
Бессемеровскій процессъ.—227.
Бипланъ.—68.
Блеріо.—68.
Боровъ.—3, 11.
Ботва.—250.
Брагоперегонный аппаратъ.—266.
Бражка.—265.
Бремсбергъ.—294, 326.
Брикетъ.—163.
Бродильные чаны.—272, 274.
Броженіе.—260, 264, 272, 274.
» молочно-кислое.—266.
Бронза.—123, 231, 235.
Броня.—49, 50.
Букса рессоръ.—41.
Буксовать.—42.
Бумага.—275.
» пергаментная.—281.
» писчая.—278.
» фильтровальная.—281.
Бумагопряденіе.—128.
Бумажная масса.—278.
Буна.—102.
Буракъ.—250.
Буратъ.—145, 152, 156.
Буреніе.—291.
Буровая ложка.—292.
Буровая скважина.—290.
Буртъ.—250.
Буръ.—292.
Бученіе.—209, 210, 212, 276.

Бьефъ.—102, 108.
Бѣгунъ.—149.
Бѣлильная известь.—190, 213, 278.

В.

Вагонъ.—87, 88.
Вагранка.—127.
Вакуумъ - аппаратъ.—258, 260.
Валки.—119, 150.
Вальцовый станокъ.—150.
Ватербой.—294.
Ватерлинія.—47.
Ватеръ-машина.—128, 131.
Ваттъ.—339.
Вентиляторъ.—237, 291.
Вентиляція.—304.
Веретено.—128, 132.
Винный камень.—274.
Вино.—273.
Виноградный сахаръ.—244, 248.
Винтъ.—59, 62.
» безконечный.—144.
» гребной.—55.
Водоизмѣщеніе.—46.
Водоотливъ.—306.
Водосливъ.—105.
Водоспускъ.—106.
Водяная сила.—33, 222.
Воздушный шаръ.—57.
Возстановительная плавка.—232, 235.
Волноломъ.—112.
Волокуша.—299.
Вольтметръ.—345.
Вольтова дуга.—350.
Вольтъ.—343.
Врубъ.—295.
Выдразниваніе.—234.
Выемка.—86.
Выдуваніе стекла.—171.
Вымораживаніе глины.—178.
Выпарной аппаратъ.—256.
Выработки открытыя.—293.
» подземныя.—293.
Вытопка.—238.
Вытравка.—220.

Г.

Газгольдеръ.—197.
Газовые часы.—197.
Газолинъ.—26.
Гайдъ-роопъ.—59.
Газъ болотный.—319.
» водяной.—165.
» генераторный.—27, 28, 165, 166, 177, 248.
» доменный.—27, 28.
» доусона.—166.
» коксовый.—27.
» колошниковый.—241.
» рудничный.—304.
Газъ свѣтильный.—27, 57, 197, 199.
» сѣрнистый.—183, 213.
Гезенкъ.—294.
Геликоптеръ.—61.
Генераторъ.—28, 195.
Гидравлика.—196.
Гидравлическій прессъ.—202.
Гидравлическій способъ.—310.
Гіалиновый слой.—207.
Глазурь.—175, 182.
Глина.—174, 185.
» гончарная.—177.
» огнеупорная.—177.
Глицеринъ.—200, 205, 261.
Глюкоза.—244, 248.
Гнѣзда.—285.
Голландеръ.—271.
Гончарный кругъ.—181.
Гора Благодать.—316.
Горное дѣло.—283.
Горнъ.—222.
Горныя породы.—282.
Градусъ спирта.—269.
Графитъ.—195, 328.
Гребенный способъ.—132.
Гребнечесальная машина.—131.
Гребни.—301.
Грибы.—261.
Грязевикъ.—6.
Грязь.—209.
Гудронъ.—199.

Д.

Дамба.—102.
Даровая сила.—34.
Двигатель американскаго типа.—36, 37.
» бензиновый.—71, 74.
» внутренняго горѣнія.—23, 56.
» вѣтряной.—34, 36.
» Дизеля.—25, 54.
» мельничный.—34.

Дегра.—212.
Декстрины.—262.
Дерненіе.—209.
Детекторъ.—366.
Дефекація.—254.
Джигерсъ.—216.
Джинъ.—128.
Динамомашина.—329, 331.
Дирижабль.—60.
Дифференціалъ.—73.
Диффузіонная батарея.—251.
Диффузіонный сокъ.—252.
Диффузіонный способъ.—251.
Диффузія.—251.
Диффузоры.—251.
Діастазъ.—262, 270.
Докъ.—114.
Долока.—178.
Доменная печь.—223, 224.
Доменный дворъ.—226.
Домница.—222.
Драга.—310.
Дризненіе.—235.
Дробина.—265, 272.
Дробная перегонка.—198, 268.
Дробянки.—261.
Дрова.—161.
Дрожжи.—261, 272, 274.
Дубильная кислота.—215.
Дубильныя вещества.—210.
Дубленіе.—210, 211.
Дуговая лампа.—350.
Дунстъ.—140.
Дутье.—167.
Дымовая труба.—3, 11, 53.
Дымогарныя трубки.—38, 53.
Дымоходъ.—3, 6, 7.
Дышло.—39, 44.

Ж.

Жаровыя трубы.—8, 9.
Жаропроизводительность.—160.
Желѣзная дорога.—85.
Желѣзный блескъ.—315.
Желѣзнякъ бурый.—315.
» красный.—315.
» магнитный.—315.
Желѣзо.—232.
Желѣзо-бетонъ.—77, 82, 96.
Желѣзо ковкое.—226,
» красноломкое.—227.
» метеорное.—222.
Жерновой поставъ.—149.
Жерновъ.—35, 148.
Жирныя кислоты.—200, 201, 205.
Жировка.—211.
Жиръ.—199, 201.
Жмыхъ.—214.
Жомъ.—252.

З.

Забой.—295, 323.
Загуститель.—219.
Закаливаніе.—172.
Законъ Ома.—326.
Заличка.—211.
Замша.—212.
Затворъ.—116.
Заторно-холодильные чаны.—264.
Заторный чанъ.—270.
Заторъ.—264.
Звойка.—216.
Зейгерованіе.—235, 238.
Землесосъ.—101.
Землечерпательница.—101.
Зола.—159.
Золка.—208.
Золотниковая коробка.—39.
Золотниковое пароraспредѣленіе.—44.
Золотникъ.—13, 15, 17, 18, 39.
Золото.—239, 247, 306, 310.
Золотоносные пески.—308.
Зольникъ.—208.
Зрѣльня.—217.
Зубчатое колесо.—35, 37, 72.
Зумпфъ.—294, 306.
Зѣвъ.—141.

И.

Иглица.—34.
Известеобжигательныя печи.—254.
Известковое молоко.—252.
Изложница.—227.
Изолирующая прокладка.—79.
Изоляторы.—347.
Изоляція.—365.
Изысканія дороги.—85.
Илъ.—234, 241.
Индиго.—215, 219.
Индикаторная діаграмма.—17.
» работа.—17.
Индукторъ.—364.
Индукція.—342.

К.

Кабель.—345.
» подводный.—361.
Кагатъ.—250.
Кайла.—292, 295.
Каленица.—172, 180.
Калоризаторъ.—225.
Камвольная пряжа.—132.
Камера.—108, 184, 187.
Камера бѣлильная.—278.
Камерный способъ.—184.
Камни.—327.
Каналъ.—100, 104.
Каолинъ.—174, 183.
Карбидъ кальція.—349.
Карбонированіе.—189.
Карборундъ.—349.
Карбураторъ.—26.
Карбурированіе.—167.
Карданъ.—73.
Кардный способъ.—132.
Кардованіе—129.
Кардная машина.—130, 131, 134.
Каретка—132.
Картонъ.—280.
Картофель.—244, 262.
Карьеры.—321.
Катализаторъ.—184.
Кашка.—246.
Каустическая сода.—189.
Квасильная кадь.—268.
Квершлакъ.—244.
Керамика.—174.
Кератинъ.—208.
Керосинъ.—26, 198.
Кизельгуръ-динамитъ.—296.
Киль.—49.
Киль-блокъ.—116.
Киноварь.—236, 317.
Кирпичъ.—184.
Кисель.—210.
Клапанное распредѣленіе.—17.
Клейковина.—247,
Клерсъ.—260.
Клѣтчатка.—161.
Клѣть.—301.
Ключъ Морзе.—359.
Ковшъ.—125, 242.
Когереръ.—366.
Кожа.—207.
Кожи дубленыя.—211.
Кожи сыромятныя.—211.
» хромовыя.—211.
Коконъ.—136.
Коксъ.—28, 163, 195.
Колесо верхнебойное.—30.
» водяное.—29.
» гребное.—52, 55.
» подливное.—30.
» понселе.—30.
» среднебойное.—30.
Коллекторъ.—6, 333, 334.
Колонна.—266.
Колосниковая рѣшетка.—38.
Колоша.—224.
Колошникъ.—240.
Компаундъ.—21, 44.
Компрессоръ.—244.
Конверторъ.—227.
Конденсаторъ.—20, 22, 236, 258. 266, 268, 385.
Конденсація пара.—39.
Контактный способъ—184.
Копь.—293.
Кора земная.—282.
Корье.—210.
Коріумъ.—207.
Кострика.—135.
Костяной уголь.—259.
Котелъ водотрубный.—6, 8.
» комбинированный.—10.
» корнваллійскій.—9.
» съ кипятильниками.—5.
» ланкаширскій.—9.
» съ подогрѣвателями.—4.
» трубчатый.—10.
Коуперъ.—224, 241.
Крановое распредѣленіе.—17.
Кранъ.—114.
Краски.—214.
» лаковыя.—220.
» масляныя.—206.
Кратеръ.—350.
Крахмалъ.—244.
» пшеничный.—245.
» рисовый.—245.
Крахмальная патока.—249.
Крахмальное молоко.—246.
Крахмальный клейстеръ.—219 245
Крашеніе.—213, 216, 218.
» кубовое.—217.
Крейцкопфъ.—39.
Кренъ.—49.

Кривошипъ.—12, 41, 44, 148, 156.
Кристаллизаторъ.—259.
Криць.—222.
Кріолитъ.—238.
Крупка.—140.
Крутка.—132.
Крыша.—82.
Крѣпленіе.—290, 296 298, 302.
Крѣпь.—230.
» костровая.—298.
» сплошная.—298
Кубъ.—268.
Кузнечное дѣло.—119.
Кулибинка.—310.
Кулисса.—39, 41.
Кулиссный механизмъ.—39, 41, 52.

Л.

Лампа накаливанія.—353.
» съ металлической нитью.—353.
Лампочка предохранительная.—326.
Лебодки.—61.
Ледъ.—154.
Лежнякъ.—149.
Ленъ.—134, 136.
Лигнинъ.—278.
Лиліэнталь.—66, 69.
Липазъ.—210.
Литейное дѣло.—122.
Ложное дно.—240.
Лошадиная сила.—17, 19, 21, 33, 339.
Лубовыя волокна.—134.
Льномяльная машина.—135.

М.

Магнитное поле.—329.
Магнитный аппаратъ.—147.
Магнитный потокъ.—330.
Мазутъ.—164.
Малахитъ.—314.
Мальтоза—262.
Маргаринъ.—206.
Мартеновская сталь.—46, 228.
Мартеновскій процессъ.—228.
Масла смазочныя.—198.
» освѣтительныя.—198.
Масляная кислота.—261.
Маховикъ.—13, 24, 39, 73.
Машина золотопромывательная.—308.
» внутренняго горѣнія.—23, 45.
» двухтактная.—25.
» компаундъ.—21.
» ледяная амміачная.—157.
» Карре.—156.
» ленточная.—129.
» многократнаго расширенія.—21.
» мотальная.—137.
» перемѣннаго тока.—333.
» предпрядильная.—129.
» прядильная.—129.
» самовозбуждающаяся.—333.
» сновальная.—137.
» Тандемъ.—21.
» Уатта.—37.
» четырехтактная.—25, 74
» щеточная.—144, 147,
Маякъ.—112.
Мезга.—246.
Мельница козловая.—35.
» крупчатка.—139.
» мукомольная.—139.
» раструсная.—139.
» шатровая.—35.
Мерсеризація.—221.
Метеорное желѣзо.—238.
Микроорганизмъ.—260.
Микрофонъ.—363.
Минералъ.—282.
Модель.—124.
Моечная машина.—245.
Мойка.—250, 263.
Молочная кислота.—261.
Молъ.—110, 112.
Монгольфьеръ.—57.
Монопланъ.—68.
Мостовая.—99.
Мосты.—91.
» висячіе.—95.
» раскосные.—92.
Моторъ бензиновый.—60, 65.
Моченецъ.—134.
Мочильный чанъ.—266.
Мочка.—134.
Мощность.—339.
Мукомольное производство.—139.
Муфель.—236.

Мыло.—204, 205.
» марсельское.—228.
Мѣдный блескъ.—314.
Мѣдный колчеданъ.—231, 314.
Мѣдныя руды.—371.
Мѣдь.—231, 314.
» полусѣрнистая.—232.
» черная.—233.
Мѣсторожденія вторичныя.—285.
» жильныя.—285.
» контактовыя.—314.
» коренныя.—307.
» осадочныя.—314.
» первичныя.—285.
» разсыпныя.—307.
» сингенетическія.—285.
» эпигенетическія.—285.
Мѣсятка.—140.
Мюль-машина.—129.
Мяздреніе.—208.

Н.

Набережная.—114.
Навой.—137, 141.
Накипь.—6.
Наклонный штрекъ.—294.
Напряженіе допускаемое.—76.
» изгиба.—77.
» матеріала.—76.
Насыпь.—86.
Натронный способъ.—278.
Нефть.—25, 26, 38, 45, 70, 164, 198, 326.
Нефтяной газъ.—210.
Нефтяные остатки.—164, 198.
Нижакъ.—242.
Нитроза.—183.

О.

Обжигъ.—174, 177, 182.
» бисквитный.—182.
» глазурный.—182.
Обмуровка.—4, 6, 11.
Обойка.—146, 147.
Обрушеніе кровли.—324.
Обточка.—121.
Огарки.—185.
Огневой способъ.—231, 242.
Окислительная плавка.—238.
Окислительное обжиганіе.—235, 236.
Олеиновая кислота.—200.
Олеомаргаринъ.—219.
Олифа.—206.
Олово.—235, 318.
Оловянный камень.—235, 318.
Омъ.—343.
Опоекъ.—212.
Опока.—126.
Орнитоптеръ.—61.
Осахариваніе.—268.
Основа.—132, 136.
Основаніе.—79.
Остойчивость.—47, 50.
Отбѣлка.—213, 278.
Отвалъ.—304.
Отливка.—122.
Откатчикъ.—300.
Отсолка.—204.
Отсѣчка пара.—15, 16.
Очистители.—196.
Очистныя выработки.—297.
» работы.—289, 293.
Очески.—136.

П.

Палилка.—215.
Пальмитиновая кислота.—200.
Папинъ.—4.
Папирусъ.—275.
Парашютъ.—302.
Парники Генце.—263.
Паровая коробка.—13.
Паровая машина.—12, 39, 41, 45, 51, 52, 54, 306.
Паровой котелъ.—4, 37, 38, 41 53, 70.
Паровозъ.—37.
Паропроизводительность.—172.
Парораспредѣленіе.—17, 18.
Парсеваль.—60.
Паръ глухой.—203, 268.
» мятый.—38, 39.
» насыщенный.—1.
» перегрѣтый.—2.
» сухой.—2.
Пастеризація.—273.
Пастеръ.—260.
Патока черная или кормовая.—259, 268.
Патронъ-палышкъ.—296.

Пергаментъ.—276.
Перевалъ.—101.
Перекатъ.—101.
Перегрѣватель.—3, 198.
Перфораторъ.—295.
Пестрая мѣдная руда.—317.
Печатаніе.—220.
Печатная машина.—219.
Печь Гофмана.—179.
» Девилля.—244.
» напольная.—179.
Пиво.—269.
Пигменты.—214.
» субстантивные.—214.
» протравные.—214.
» основные.—218.
» кислые.—215.
Пилотъ.—68.
Пиритическая плавка.—233.
Пиритъ.—183, 233.
Питаніе котла.—2, 3.
Плавка металловъ.—126.
Плавни.—175, 224, 238.
Пламенная печь.—233, 238.
Планеръ.—65.
Пластичность.—174.
Платина.—242, 312.
Плесъ.—101.
Пловучій докъ.—117.
Плоскіе разсѣвы.—152.
Плотина.—103, 105.
Плюссованіе.—216.
Плюссовка.—216.
Поверхность нагрѣва.—3, 5, 6, 9, 10, 38.
» испаренія.—3, 4, 9.
Подварочный чанъ.—270.
Подводная лодка.—55.
Подошва.—212.
Подшипникъ.—35.
Подъемная сила.—58.
Поиски.—286.
Полезныя ископаемыя.—283, 324.
Ползунъ.—12, 39.
Полумасса.—278.
Полюсные наконечники.—332.
Помолъ.—139.
» интендантскій.—140.
» крестьянскій.—140.
» крупчатный.—140.
Пористость.—181.
Пороги.—101.
Породы вулканическія.—282.
» изверженныя.—282.
» метаморфическія.—283.
» осадочныя.—282.
Портъ.—110.
Постель розсыши.—307.
Поршень.—11, 24.
Початокъ.—132, 137.
Почкованіе.—261.
Предохранители.—345.
Прессованіе.—202.
Прессъ.—214.
Припариваніе.—208.
Припылъ.—124.
Присадка.—227.
Провода изолированные.—346.
» линейные.—342.
» питательные.—347.
Продольная.—294.
Прокатное дѣло.—118.
Прокатный станъ.—119.
Проклейка.—279.
Пролетъ.—92.
Протрава.—216, 220, 221.
Проходъ.—140.
Пряжа.—127, 132.
Пряденіе.—127.
Пыльная камера.—153.

Р.

Работа дѣйствительная.—17.
» индикаторная.—17.
» машины.—19, 20.
» на разстояніе.—77.
Радіаторъ.—74.
Развѣдки.—289.
Разносныя работы.—316.
Райтъ.—66.
Ракля.—219.
Распаръ.—223.
Распредѣлительная доска.—345.
Растворъ.—80.
Расчистка дна.—101.
Расширеніе пара.—16.
Раффинированіе.—234, 238, 259.
Регенераторъ.—170, 228.
Резервъ.—221.
Рейдъ.—110.
Ректификаціонные аппараты.—268.
Ректификація.—268.
Рельсы.—81.
Релэ.—360, 367.

Ремизный приборъ.—139.
Реостатъ.—336.
Реторта.—236.
Розсыпи.—239, 286, 313.
» элювіальныя.—286.
Ртутная лампа.—352.
Ртуть.—236, 317.
Рубильникъ.—345.
Рудничный дворъ.—294.
Руль глубины.—67.
Рѣзальныя машины.—251.
Рѣчное судно.—50.

С.

Сальникъ.—11.
Самопрялка.—129.
Самородки.—307, 315.
Самотаска.—144.
Сатинировать.—280.
Сатураціонные котлы.—254.
Сатурація.—254.
Сафьянъ.—212.
Сахарный песокъ.—259.
Сахарный тростникъ.—244, 249.
Сахароза.—249.
Сахаръ желтый.—259.
» кусочный.—260.
» пиленый.—260.
Свариваніе.—120.
Свекла.—250.
Свинецъ.—237, 317.
Свинка.—242.
Свинцовый блескъ.—237, 314, 317.
Свѣчи.—205.
Селитра чилійская.—185.
Сельфакторъ.—129, 133.
Серебро.—242, 313.
Сжатый воздухъ.—56.
Сивушное масло.—266.
Сила подъемная.—58.
» тяги.—85, 95, 96.
Силовыя линіи.—330.
Сиропъ.—249, 258.
Сита плоскія.—145, 154, 156, 246.
» цилиндрическія.—246.
Ситовѣйка.—156.
Ситцепечатаніе.—218.
Сифонъ.—38.
Скатъ.—41, 300.
Скипидаръ.—143.
Скользящій полетъ.—65.
Скрубберъ.—28, 196.
Смола.—193.
» каменноугольная.—198, 214.
» хмелевая.—269, 272.
Сода.—188.
Сока.—210.
Соковые пары.—256.
Солодовня.—268.
» пневматическая.—269.
Солододробилка.—270.
Солодосушильня.—270.
Солодъ.—262, 266, 269.
Солома.—161.
Соляная кислота.—187.
Сопротивленіе дороги.—96.
» поѣзда.—85.
Спираль Румкорфа.—342.
Спиртъ.—261.
» древесный.—193.
» сырой.—266, 268.
» этиловый или винный.—262.
Способъ Леблана.—187.
» Сольвея.—189.
Спутники.—287.
Сталь.—122, 226.
» тигельная.—230.
» цементная.—230.
Станокъ.—120.
» долбежный.—121.
» строгальный.—121.
» токарный.—121.
Стапель.—115.
Стволъ.—301.
Стеариновая кислота.—205
Стеаринъ.—200, 205.
Стекло.—168.
Стефенсонъ.—37, 84.
Стланецъ.—134.
Столбовая выемка.—324.
Стружка.—251.
Стѣна.—80.
Судно.—49.
Сульфитный способъ.—278.
Сульфиты.—279.
Суррогаты.—278.
Сусло.—272, 274.
Сусловый котелъ.—270.
Сухая перегонка.—191.
Сухопарникъ. 39.
Съемка торфа.—308.
Сходъ.—140.

Сѣра.—183, 318.
Сѣрная кислота.—183.

Т.

Тандемъ.—21.
Таннинъ.—215.
Тараръ.—146.
Тарелка.—272.
Текстильная промышленность. —128.
Телеграфъ.—358.
Телефонъ.—362.
Тендеръ.—44.
Теплотворная способность.—160.
Теплоходъ.—54.
Терка.—245.
Течки.—144.
Тигель.—230, 239.
Ткань.—136.
Ткачество.—136.
Токъ индуктированный.—330.
» перемѣнный.—332.
» постоянный.—332.
Томасовскій процессъ.—228.
Томасшлакъ.—228.
Тоннель.—86.
Топка.—3, 4, 5, 8, 10, 38.
Топливо.—158.
Тормозъ.—36, 88.
Торфъ.—28, 161, 308, 320, 321.
Торфяники.—320, 321.
Трансформаторъ.—342.
Трепальная машина.—128.
Трепанье.—128, 135.
Тріеры.—147.
Тройка.—221.
Тряпье.—276.
Тростниковый сахаръ.—249.
Турбина водяная.—32, 33.
» паровая.—21, 22, 52.
Тутовый шелкопрядъ.—136.
Тяга,—11, 38, 39, 42.

У.

Углеводы.—244.
Уголь бурый.—162, 320.
» древесный.—163.
» каменный.—162, 321.
Угольная кислота.—249.
Угольный фильтръ.—249.
Уклонъ равновѣсія.—300.
Уксусная кислота.—193, 261, 274.
Уксусная эссенція.—275.
Уксусъ.—274.
Упругость пара.—1, 2.
Усадка.—176.
Устои.—93.
Устье шахты.—303.
Утокъ.—122, 136.
Утфель.—258, 260.

Ф.

Фарватеръ.—100, 102.
Фарманъ.—69.
Фашина.—102.
Ферментъ.—201, 206, 261.
Ферроманганъ.—227.
Фильтраціонный чанъ.—270.
Фильтрпрессная грязь.—255.
Фильтрпрессъ.—254.
Фильтръ.—153.
Фильтръ механическій.—255.
Формовка.—125, 177.
Формовочные матеріалы.—123.
Форсунка.—26, 38, 165.
Фреза.—121.
Фрикціонная муфта.—73.
Фулязка.—178.
Фуксово стекло.—168.
Фундаментъ.—78.
Фурма.—225, 232.

Х.

Халява.—172.
Хвостъ мѣсторожденій.—287.
Хлопокъ.—128.
Хлорная известь.—305.
Хлорированіе.—240.
Хлоръ.—305.
Хмель.—269.
Холодильникъ.—193, 196, 264, 266, 268, 272.

Ц.

Царская водка.—243.
Центрофуга.—242, 259.
Цеппелинъ.—60.
Цилиндръ машины.—11, 24.
Цинковая обманка.—317.
Цинкъ.—234, 317.
Ціанированіе.—240.
Ціанистый кали.—240.
Цоколь.—80.

Ч.

Челнокъ.—136, 141.
Черпалка.—279.
Чесаніе.—129.
Чугунъ.—122, 223, 226.
» бѣлый.—226.
» ковкій.—230.
» сѣрый.—226.

Ш.

Шагрень.—212.
Шакша.—209.
Шамотта.—176.
Шарикъ.—279.
Шарошка.—121.
Шатеръ.—36.
Шатунъ.—12, 39, 44, 148, 156.
Шахта.—293, 294, 299.
Шахтная печь.—222, 230, 232, 236.
Шелкъ.—136.
Шерстопряденіе.—132.
Шерсть.—132.
Шквара.—204.
Шкивъ.—13.
Шликъ.—226, 228, 233.
Шлахта.—137, 213.
Шлихъ.—308.
Шлюзованіе.—103.
Шлюзныя ворота.—116.
Шлюзъ.—107, 239, 308.
Шоссе.—98.
Шпала.—87.
Шпангоутъ.—49.
Шпуль.—132.
Шпуръ.—291, 296.
Штанга.—292.
Штейгеръ.—329.
Штейнъ.—231, 232, 233, 242.
Штокъ.—11, 39, 285.
Штольня.—284.
Штрекъ.—229, 291, 294, 326.
Штыкъ.—242.
Шубный товаръ.—212.
Шпуль.—132.
Шурфованіе.—290.
Шурфъ.—289, 291, 304.

Щ.

Щетка.—333.

Ѣ.

Ѣдкій натръ.—189.

Э.

Экстракторъ.—240.
Экстракты.—200.
Экстракція.—202.
Эксцентрикъ.—14, 18, 156.
Элеваторъ.—144, 263.
Электрическая волна.—367.
» печь.—230, 350
» энергія.—340.
Электрическій звонокъ.—357
» токъ.—230, 238.
Электрическія лампы.—350.
Электровозъ.—348.
Электродвигатель.—338.
Электродвижущая сила.—329.
Электролизъ.—234, 239;
Электромагнитъ.—332.
Электромоторъ—338, 341.
Электросталь.—230.
Элементъ.—329.
» Даніэля.—344, 355.
» Лекланше.—356.
Эллингъ.—114.
Энзимы.—261.
Эстакада.—304.
Эфель.—240.
Эѳиры.—266.

Ю.

Юфть.—212.

Я.

Якорь.—332.
Ячмень.—269.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стр.

Предисловіе V
Введеніе: Историческій очеркъ развитія техники VII

I. Прикладная механика.

Паровые котлы 1
Паровыя машины 11
Паровыя турбины 21
Газовые, нефтяные и другіе двигатели внутренняго сгоранія . . . 23
Водяные двигатели 29
Вѣтряные двигатели 34
Паровозы 37
Пароходы и теплоходы 45
Воздухоплаваніе и летаніе (авіація) 56
Автомобили 70

II. Строительное искусство.

Строительная техника 76
Строительные матеріалы и ихъ прочность . . . . . —
Построеніе зданій 78
Устройство желѣзныхъ дорогъ 84
Краткій историческій очеркъ развитія желѣзныхъ дорогъ . . . —
Устройство пути желѣзной дороги 85
Вагоны 87
Мосты 91
Мѣстные пути сообщенія 96
Водные пути сообщенія 100
Плотины. Шлюзы 104
Порты 110

III. Механическая технологія.

Обработка металловъ 118
Прокатное и кузнечное дѣло . . . . . —
Обработка металловъ путемъ снятія стружки (металлообрабатывающіе станки) 120
Литейное дѣло 122
Пряденіе и ткачество 127

Стр.

Пряденіе 127
Шерстопряденіе 132
Ткачество 136
Мукомольное производство 139

IV. Химическая технологія.

Ледъ 154
Топливо 158
Твердое топливо 160
Искусственное твердое топливо 163
Жидкое топливо 164
Газообразное топливо 165
Стекло 168
Керамика 174
Большая химическая промышленность 183
Сѣрная кислота 183
Азотная кислота 185
Соляная кислота 187
Сода 188
Каустическая сода 189
Бѣлильная известь 190
Сухая перегонка . . . . . —
Сухая перегонка дерева 192
Сухая перегонка каменнаго угля 194
Перегонка нефти 198
Жиры; ихъ полученіе и переработка 199
Полученіе жировъ 201
Мыловаренное производство 204
Стеариновое производство 205
Кожевенное производство 207
Крашеніе, краски, печатаніе 213
Металлургія желѣза 222
Производство чугуна 223
Производство ковкаго желѣза 226
Тигельная плавка 228
Цементная сталь и ковкій чугунъ 230
Электросталь . . . . . —
Мѣдь, олово, цинкъ, ртуть и др. мет. 231
Мѣдь . . . . . —
Олово 235
Цинкъ 236
Ртуть . . . . . —
Свинецъ 237
Алюминій 238
Драгоцѣнные металлы 239
Золото . . . . . —
Серебро 242
Платина 243
Крахмалъ и сахаръ 244
Крахмалъ 245
Сахаръ 249

Стр.

Спиртъ, пиво, вино, уксусъ 260
Винокуренное производство 262
Пивовареніе 269
Винодѣліе 273
Уксусъ 274
Писчая бумага 275

V. Горное дѣло.

Введеніе 282
Поиски мѣсторожденія полезныхъ ископаемыхъ 286
Детальныя развѣдки 289
Шурфованіе 290
Буреніе 291
Горныя работы 293
Добываніе благородныхъ металловъ 306
Золото . . . . . —
Платина 312
Серебро 313
Добываніе мѣдныхъ и желѣзныхъ рудъ 314
Мѣдь . . . . . —
Желѣзо 315
Добываніе свинцовыхъ и другихъ рудъ 317
Ископаемые горючіе матеріалы. Камни, азбестъ 319
Нефть 326
Камни 327

VI. Электротехника.

Динамоэлектрическія машины и электродвигатели 329
Передача силы на разстояніе и различныя примѣненія электричества . . . . . — 340
Электрическое освѣщеніе 349
Техника слабыхъ токовъ 355
Указатель чертежей 369
Алфавитный указатель именъ и названій 374

Замѣченныя опечатки.

	Стран.	строка	напечатано	слѣдуетъ
1)	240	22 сверху	мальгама	амальгама
2)	278	6 и 9 снизу	Лигнитъ	Лигнинъ
3)	285	4 сверху	не	на

Въ составленіи статей этого тома „Народной Энциклопедіи“, кромѣ перечисленныхъ въ предисловіи авторовъ, принимали еще участіе: инж. *Годлевскій, П. А. Микулинъ и С. Г. Саввинъ.*